



# FLEXITEST

EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD

Claudio Gil Soares de Araújo



# **FLEXITEST**

**Un método innovador de evaluación  
de la flexibilidad**

**Claudio Gil Soares de Araújo**

**MD, PhD, FACSM**

Director Médico de la  
Clínica de Medicina do Exercício,  
Rio de Janeiro, Brasil



Título original: Flexitest. An innovate flexibility assessment method

Revisión técnica: Toni Martínez

Traducción: Núria Hernández Rovira

Diseño cubierta: David Carretero

© 2005, Claudio Gil Soares de Araújo

Editorial Paidotribo

Polígono Les Guixeres

C/ de la Energía, 19-21

08915 Badalona (España)

Tel.: 93 323 33 11 - Fax.: 93 453 50 33

E-mail: [paidotribo@paidotribo.com](mailto:paidotribo@paidotribo.com)

<http://www.paidotribo.com>

Primera edición:

ISBN: 84-8019-833-8

Fotocomposición: Bartolomé Sánchez

[bartez@telefonica.net](mailto:bartez@telefonica.net)

Impreso en España por: Sagrafic

La obra, incluidas todas sus partes, tiene protegidos sus derechos de autor. Toda utilización que sobrepase los estrictos límites de la ley de propiedad intelectual sin permiso de la editorial está prohibida y es legalmente punible. Esto rige sobre todo para reproducciones, traducciones, microfilmado y el almacenamiento y procesado en sistemas informáticos.

# Índice

Agradecimientos	V
Prólogo	VII
Introducción	IX

## Parte I **Visión general e historia**

<b>Capítulo 1</b>	<b><i>Introducción a la flexibilidad</i></b> . . . . .	3
	Definiciones . . . . .	3
	Especificidad . . . . .	5
	Relevancia . . . . .	6
	Factores limitantes . . . . .	6
	Variables que intervienen . . . . .	8
<b>Capítulo 2</b>	<b><i>La flexibilidad en la salud y en la enfermedad</i></b> . . . . .	17
	La flexibilidad en la práctica deportiva . . .	17
	La flexibilidad en la enfermedad . . . . .	20
	La flexibilidad en las lesiones y en el dolor muscular retardado . . . . .	29
<b>Capítulo 3</b>	<b><i>La evaluación clásica de la flexibilidad</i></b> . . . . .	31
	Perspectivas generales e históricas . . . . .	31
	Los sistemas de clasificación . . . . .	35
	Revisión de los métodos existentes para la evaluación de la flexibilidad . . . . .	40
	Instrumentos y aparatos . . . . .	46

## Parte II **Principios y administración del flexitest**

<b>Capítulo 4</b>	<b><i>El método del flexitest</i></b> . . . . .	51
	Principios generales . . . . .	51
	Descripción de los movimientos y mapas de evaluación . . . . .	52
	Administración del flexitest . . . . .	75
	Comentarios extras . . . . .	78

<b>Capítulo 5</b>	<b><i>La práctica del flexitest</i></b> . . . . .	79
<b>Capítulo 6</b>	<b><i>El análisis del flexitest</i></b> . . . . .	113
	Consideraciones estadísticas preliminares	113
	Consideraciones estadísticas finales . . . . .	139

## **Parte III Investigaciones y aplicaciones del flexitest**

<b>Capítulo 7</b>	<b><i>Investigaciones del flexitest</i></b> . . . . .	143
	Estudios de fiabilidad . . . . .	143
	Estudios de validez concurrente . . . . .	153
	Estudios estrictamente metodológicos . . . . .	154
	Estudios de observación . . . . .	157
	Estudios de intervención . . . . .	162
<b>Capítulo 8</b>	<b><i>Análisis comparativo de los métodos de evaluación</i></b> . . . . .	167
	Criterios metodológicos . . . . .	169
	Criterios operativos . . . . .	171
	Criterios científicos . . . . .	172
	Conclusión . . . . .	174
<b>Capítulo 9</b>	<b><i>Estudios de casos con el flexitest</i></b> . . . . .	175
	Estudio 1 . . . . .	175
	Estudio 2 . . . . .	176
	Estudio 3 . . . . .	178
	Estudio 4 . . . . .	179
	Estudio 5 . . . . .	180
	Estudio 6 . . . . .	181
	Estudio 7 . . . . .	182
	Estudio 8 . . . . .	183
	Bibliografía . . . . .	185
	Acerca del autor . . . . .	185
	Índice de tablas y figuras . . . . .	XXX
	Índice alfabético . . . . .	187

# AGRADECIMIENTOS

Escribir un libro sobre un método nuevo no es una tarea fácil. Flexitest –una herramienta de valoración para la evaluación de la flexibilidad– fue planeado y deliberado durante mi trabajo con el equipo de natación de la Universidad Gama Filho, entrenado por Roberto de Carvalho Pável. Estoy profundamente en deuda con Roberto Pável, un entusiasta de la flexibilidad, por atraer mi atención hacia este interesante campo y por ofrecerme su especialización y su experiencia en el desarrollo del test. Todavía guardo en mi memoria nuestras prolongadas conversaciones a lo largo de muchas noches del año 1978. Desde entonces, la oportunidad de utilizar el flexitest ha contribuido significativamente a mi carrera profesional y científica.

Muchos estudiantes y profesionales han contribuido al avance y a la estandarización del método de flexitest y al desarrollo de un banco de datos apropiado. Aunque es imposible citar a todos ellos, querría expresar mi gratitud, por orden alfabético, a Anselmo José Pérez, Antonio Cesar Cabral de Oliveira, Antonio Claudio Lucas da Nóbrega, Astrogildo Vianna Oliveira Junior, Claudia Lucia Barros de Castro, Christianne Giesbrecht Chaves, Claudio Rebello Velloso, Karla Paula Campos, Marcos Becerra de Almeida, Marta Inês Pereira, Paulo Cesar Haddad y Vito Agnew Lira. Dos de mis anteriores estudiantes, ya graduados, han realizado contribuciones adicionales a flexitest y a este libro. El Dr. Paulo de Tarso Veras Farinatti ha aplicado, analizado y publicado los datos de flexitest sobre niños; el Dr. Wallace David Monteiro nos ha ayudado con nuestros estudios de fiabilidad y, posteriormente, en la

selección y clasificación de las fotografías digitales para la puntuación del entrenamiento presentada en este libro y en nuestro sitio web institucional ([www.clinimex.com.br](http://www.clinimex.com.br)).

Estoy encantado de agradecer a los modelos su contribución en las fotos de entrenamiento; mis flexibles hijas, Aline y Claudia; mi mujer, Denise; mi suegra, Dalva Sardinha Mendes; así como a mi estudiante graduado, Aldair José de Oliveira. Además, debo agradecer a todas las personas que consintieron en ser medidas con el flexitest. Su contribución me permitió derivar los estándares para la interpretación de los datos del flexitest.

La organización de nuestro material para ser publicado por Human Kinetics ha sido toda una experiencia, y querría dar las gracias a quienes trabajaron directamente conmigo, especialmente el asesor editorial Loarn Robertson y la directora de publicaciones Judy Park. Su confianza en el valor del flexitest y su constante apoyo fueron muy apreciados. Estoy también orgulloso de contar con mi amigo y anterior presidente del ACSM, el Dr. Barry A. Franklin, para el prólogo de este libro.

Finalmente, debo dar las gracias a mi familia por permitirme tan cariñosamente invertir cientos de horas trabajando en este libro. Doy las gracias especialmente a mi mujer, la Dra. Denise Sardinha M.S. Araújo, por mantenerme motivado hasta el final del trabajo en los mejores y en los peores momentos. Sin su apoyo y estímulo no habría podido finalizar este libro. De modo que nada hay más lógico y científicamente válido que dedicárselo a ella.



# PRÓLOGO

Es un honor y un privilegio para mí prologar este extraordinario libro, que fue escrito para cumplir dos objetivos:

- Presentar un método desarrollado para evaluar la flexibilidad que será adoptado por las organizaciones de medicina del deporte más importantes del mundo, tal como el American College of Sports Medicine (ACSM).
- Ofrecer los principios y el método de flexitest, cuyo uso se ha extendido tanto en América del Sur como en Europa y se ha establecido de modo habitual en investigadores, facultativos y médicos de América del Norte.

Los estiramientos, uno de los componentes más importantes de un programa completo de condicionamiento físico, son esenciales para aumentar la flexibilidad de los tendones, mantener y mejorar la amplitud del movimiento (ROM) y la funcionalidad articular, y ensalzar la actuación muscular. Sin un programa específico para mantener la flexibilidad, la mayoría de las personas de mediana edad y de la tercera edad se verían impedidos por el agarrotamiento de los isquiotibiales, hombros y espalda. Existen además estudios de observación que apoyan el papel que los ejercicios de flexibilidad, sean balísticos (con movimiento) o estáticos (movimiento escaso o nulo), o las técnicas de variación de propiocepción neuromuscular, tienen en la prevención y el tratamiento de las enfermedades musculoesqueléticas.

Aunque en los últimos años se han producido avances considerables para la comprensión y apreciación de la flexibilidad, el método para evaluar la flexibilidad estática y pasiva se ha mantenido estancado desde mediados de los años 1950. Durante más de dos décadas un buen amigo y estimado colega, el Dr. Araújo, ha trabajado metódicamente para dar respuesta a una pregunta obligada: ¿Cómo medimos y evaluamos la flexibilidad? Esta cuestión es importante tanto para la salud, como para el deporte y las intervenciones clínicas, y Araújo y sus colaboradores han encontrado la respuesta. El autor ha desarro-

llado y refinado meticulosamente el método de flexitest basándose en un estudio de acercamiento a individuos sedentarios, deportistas amateurs y deportistas de elite, incluidas personas con o sin lesiones crónicas. De acuerdo con ello, este novedoso libro está destinado a convertirse en la semilla que servirá para cambiar los antiguos sistemas de evaluación de la flexibilidad en el que destaca las ventajas, la validez, la credibilidad y la sencillez de flexitest cuando lo comparemos con las obsoletas y anticuadas técnicas de medición (p. ej., el test *sit-and-reach* y el convencional goniómetro).

Además de presentar el método flexitest y sus normas, índices, técnica y fundamentos científicos y racionales, el Dr. Araújo nos proporciona una revisión comprensiva del área de la medición de la flexibilidad, que es muy útil para los profesionales y para los estudiantes o postgraduados en medicina, fisioterapia, ciencias del ejercicio, educación física, entrenamiento deportivo y gerontología. Es especialmente notoria la atención que el autor presta a la interpretación de los datos de flexibilidad, incluidos los resultados variables, una característica única del flexitest que permite al examinador identificar el grupo de edad en el que se encuentra el sujeto evaluado. La buena noticia es que el método flexitest puede ser fácilmente aprendido y ejecutado por cualquier persona en menos de cuatro minutos.

Este libro se divide en tres partes que pueden ser independientes unas de las otras. La Parte I ofrece una visión general del entrenamiento de la flexibilidad y su evaluación. La Parte II es una introducción al método flexitest e incluye los capítulos de referencia y las descripciones para evaluar los 20 movimientos articulares utilizados para valorar la flexibilidad, junto a una técnica para determinar el índice de flexibilidad global, o flexindex. La Parte III ofrece una objetiva y comparativa valoración de los protocolos de medición de la flexibilidad disponibles actualmente y los estudios de los casos clínicos más relevantes. Ofrece dibujos, tablas y fotografías de los puntos

más destacados, así como referencias y datos estadísticos para defender el texto. Estudia también el papel de la flexibilidad en la salud y la enfermedad; una revisión de la evaluación tradicional de la flexibilidad; métodos, prácticas, análisis e investigaciones de apoyo al flexitest; una tabla comparativa de los distintos métodos de evaluación de la flexibilidad y la extensa experiencia del autor en el uso del flexitest con distintos sujetos.

Este excepcional libro incluye las aplicaciones clínicas y científicas que ayudarán a cualquier profesional preparado para medir la flexibilidad de un modo válido y fiable de personas de cualquier tipo corporal, nivel de fitness (condición física) y estado de salud. De acuerdo con ello, este texto debería convertirse en una referencia estándar

para los fisiólogos del ejercicio, así como para los médicos y sus asistentes, enfermeras, fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales, geriatras y especialistas de todas las áreas relacionadas con el entrenamiento deportivo y la medicina del deporte.

***Barry A. Franklin, PhD***

Director de rehabilitación cardíaca  
y de los laboratorios del ejercicio,  
William Beaumont Hospital

Profesor de Fisiología,  
Universidad de Wayne  
Escuela de Medicina

El Dr. Franklin ha sido miembro del *American College of Sports Medicine* (1999-2000) y actualmente trabaja como redactor jefe del *American Journal of Medicine & Sports*.

# INTRODUCCIÓN

En este libro presentamos un nuevo y convincente método denominado flexitest, que sirve para evaluar la flexibilidad estática pasiva. Hemos dedicado los últimos 20 años a desarrollarlo y perfeccionarlo, y lo hemos utilizado con éxito en América del Sur y en Europa. Reunidos en este conciso trabajo por nuestros colegas norteamericanos están los detalles de los principios, administración, investigación y aplicación del flexitest.

¡Éste no es un libro que ofrece ejercicios de flexibilidad! Si busca una guía para mejorar su flexibilidad o nuevos ejercicios de estiramiento, éste no es el libro. Sin embargo, si está interesado en temas relacionados con la flexibilidad y cree firmemente que el entrenamiento de la flexibilidad es un deber en toda prescripción correcta del ejercicio, encontrará información interesante en esta introducción. Lo más probable es que sea uno de los profesionales dedicados al ejercicio y ciencias del deporte que está de acuerdo en que tanto el entrenamiento de los estiramientos como la buena flexibilidad son necesarios para todo tipo de personas, sanas o enfermas, jóvenes o ancianas, sedentarias o deportistas de elite. Queremos llamar su atención con una particular frase: “buena flexibilidad”. ¿De qué se trata? ¿Qué significa? ¿Cómo medimos y evaluamos la flexibilidad? ¿Cuál es el significado real de la flexibilidad para la salud y el deporte? Si está realmente interesado en estas cuestiones, ¡tiene en sus manos el libro ideal!

Es bastante sorprendente el hecho de que en 2003 tengamos todavía que creer en procedimientos de valoración desarrollados alrededor o justo después de la Segunda Guerra Mundial, hace más de medio siglo. Los métodos como el test *sit-and-reach*, la goniometría, las versiones modificadas del *sit-and-reach* y los inclinómetros han sido muy tratados en la bibliografía, pero es poco probable que se usen habitualmente. La situación es parecida a algo tan dudoso como intentar reparar un coche viejo —uno se preocupa por los resultados efectivos porque la base conceptual es pobre. Esto no es porque usted crea que la evaluación de la flexibilidad no sea importante, sino más bien porque

se ha dado cuenta de que aquellos métodos no aportan las respuestas prácticas que necesita para su vida diaria profesional.

La flexibilidad es una importante variable de la condición física relacionada con la salud. Sin embargo, su valoración plantea algunas cuestiones. En primer lugar, la flexibilidad es específica de las articulaciones y el movimiento, lo que quiere decir que un sujeto puede tener un tronco muy flexible y a la vez presentar una amplitud de movimiento muy limitada en los hombros o en las caderas. En segundo lugar, contrastando con otros parámetros del ejercicio como la capacidad aeróbica máxima, la fuerza muscular o la potencia, tener unos niveles extremadamente elevados de flexibilidad puede predisponer a una lesión y bastante a menudo se asocia a otras entidades como el prolapso de la válvula mitral. Por tanto, disponer de una herramienta para calcular los valores de la flexibilidad general y específica no es sólo aconsejable, sino que es también el único camino por el que los médicos concienciados, los entrenadores, los instructores o los preparadores físicos pueden alcanzar una completa apreciación de la flexibilidad.

Este libro puede ser utilizado por un gran número de profesionales de la salud. Entre ellos se encuentran los profesores de educación física que trabajan en la escuela primaria y secundaria, así como los instructores de fitness, los entrenadores deportivos o preparadores físicos, y los entrenadores personales que trabajan en gimnasios, clubes, centros de fitness e incluso en el domicilio de sus clientes. Entre los especialistas de la medicina que pueden utilizar este libro y flexitest en sus prácticas clínicas, se encuentran los que se dedican a primeros auxilios, los médicos del deporte, pediatras, geriatras y cirujanos ortopédicos. Los fisioterapeutas y los fisiólogos del deporte también lo encontrarán valioso, así como los estudiantes y postgraduados de educación física y sus profesores, que considerarán este material muy apropiado para los cursos de nivel universitario. Aunque no está planteado directamente para deportistas concienzudos, creemos que algunos de ellos pueden

estar interesados asimismo en aprender acerca del método flexitest y cómo ser evaluados con él.

El texto está dividido en tres partes que pueden ser estudiadas independientemente. En primer lugar, un resumen general sobre la teoría de la flexibilidad en la Parte I, que incluye sus definiciones, conceptos y terminología, así como las limitaciones y los factores más importantes de la movilidad articular. La Parte I trata también la relevancia fisiológica y clínica que la flexibilidad tiene para la salud y la calidad de vida, e incluye además una exposición de los trastornos de la hipo y la hipermovilidad, y del papel que la flexibilidad desempeña en la prevención de lesiones e incidencias. Esta parte incluye, además, una revisión general de los tests disponibles más recientes de valoración de la flexibilidad y presenta uno nuevo, un sistema de clasificación de 18 puntos.

Las Partes II y III, comprendidas en seis capítulos, constituyen la parte central del libro. La Parte II introduce la metodología del flexitest e incluye todos los capítulos de referencia y las descripciones para determinar los 20 movimientos articulares utilizados para evaluar la flexibilidad. Cuestiona también cómo manejar los datos del flexitest satisfactoriamente y cómo determinar el índice global de flexibilidad, o flexindex, resultado obtenido con la suma de cada uno de los resultados individuales de movimiento. Planteamos muchas cuestiones prácticas sobre la evaluación de la flexibilidad en relación con una serie de datos científicos obtenidos mediante el flexitest. Se educa al lector en el uso de la importante normativa y de las curvas de porcentaje procedentes de los flexindex de hombres y mujeres obtenidos de 2.600 sujetos con edades comprendidas entre 5 y 88 años. También se añaden los resultados del flexitest de participantes de muy diversos deportes a partir de los datos obtenidos de más de 400 deportistas, incluidos 12 medallistas olímpicos. La utilización de esta normativa le permitirá evaluar realmente, más que únicamente medir, la flexibilidad de individuos de todos los grupos de edad. Con esta información, puede evaluar tanto la flexibilidad general como la flexibilidad específica de las articulaciones, y le capacita para crear un programa de estiramientos basado científicamente con el fin de alcanzar o mantener unos niveles apropiados de flexibilidad. Los lectores

que aprecien un buen enfoque estadístico encontrarán en el capítulo 6 un análisis estadístico profundo aplicado a los resultados del flexitest, que incluye el único análisis de perfil de variabilidad de la flexibilidad.

Finalmente, si todavía le quedara alguna duda sobre las ventajas del flexitest, lea el capítulo 8, en la Parte III, que presenta los resultados de nuestro profundo y científico análisis comparativo sobre los protocolos disponibles de valoración de la flexibilidad. En él ofrecemos nuestros argumentos para proponer flexitest como el método de referencia en la valoración de la flexibilidad y la evaluación de sujetos aparentemente sanos de todos los grupos de edad y nivel de actividad, desde los más sedentarios hasta los deportistas olímpicos. Finalmente, en el capítulo 9 la descripción de estudios ilustra nuestro manejo de la información sobre flexitest y proporciona prácticas referentes a la interpretación y el uso de flexitest en situaciones que pueden desarrollarse en su propia actividad profesional.

Si le hemos motivado para leer el libro, tal y como deseamos, se sorprenderá al comprobar que aprender a utilizar el flexitest es bastante fácil. Después de leerlo y aprender a calificar los resultados del flexitest (capítulo 5), estará preparado para evaluar la flexibilidad mediante la aplicación de nuestros datos estadísticos y técnicos, y para utilizar los resultados con el fin de llegar más lejos en su progreso profesional. Se quedará sorprendido y, esperamos, maravillado de ver la rapidez y la facilidad con la que aprende el método de flexitest.

Existen materiales de entrenamiento adicionales disponibles en el sitio web de la Clínica de medicina do Exercício (CLINIMEX) en Río de Janeiro, Brasil, en [www.clinimex.com.br](http://www.clinimex.com.br). Allí encontrará imágenes en color del flexitest y vídeos digitales, muestras de diapositivas y folletos explicativos que le ayudarán en el manejo de flexitest.

Creemos que una vez haya aprendido y practicado suficientemente el método flexitest, encontrará la evaluación de la flexibilidad tan divertida como nosotros la encontramos. Creemos también que su actitud y acercamiento a la flexibilidad, particularmente a su medición y valoración, no volverán a ser los mismos después de haber leído este libro.

# Parte I

## **Visión general e historia**

**Capítulo 1** *Introducción a la  
flexibilidad*

**Capítulo 2** *La flexibilidad en la salud  
y en la enfermedad*

**Capítulo 3** *La evaluación clásica  
de la flexibilidad*



# Capítulo 1

## Introducción a la flexibilidad

Una de las primeras cosas que hacemos cuando nos despertamos, en ocasiones incluso antes de abrir los ojos, es estirarnos. Como otros animales, repetimos este movimiento a lo largo del día, especialmente después de permanecer en la misma posición un largo período de tiempo. Éste es el ejemplo (más simple y corriente) de ejercicio de flexibilidad.

El sistema locomotor, con sus diferentes estructuras, permite al cuerpo moverse. Esto resulta de la completa y compleja acción de los músculos, tendones, ligamentos y articulaciones (Alter 1996). Dichas acciones están controladas por el sistema nervioso central, que es el responsable del amplio abanico de capacidades motoras del cuerpo. Entre este abanico de acciones motoras, algunas de ellas (como bailar o correr) requieren niveles extremos de funcionalidad corporal y por tanto, una actuación máxima del sistema locomotor. Los movimientos corporales amplios son generalmente bellos y elegantes; ello explica la belleza visual de la danza, de la natación sincronizada, del patinaje y de la gimnasia. La ejecución de estos movimientos parece referirse a una característica morfofuncional llamada genéricamente *flexibilidad*.

Mucho antes de la creación de la palabra *flexibilidad*, Hipócrates describió a unos individuos de su tiempo provenientes de un determinado grupo étnico que presentaban una exagerada laxitud articular que les permitía lanzar jabalinas sin lesionarse (Grahame 1971). Los síndromes médicos característicos de la excesiva movilidad articular fueron descritos por primera vez en el año 1892 por Tschernogobow en Rusia (síndrome de Ehlers-Danlos) y por Marfan en 1896 (síndrome de Marfan) (Grahame 1971).

La palabra *flexibilidad* no es nueva en la literatura ni en la práctica. Es probable que provenga de una mezcla de las palabras *flexión* y *capacidad*. Uno de sus primeros usos fue para describir el contacto de los dedos de los pies con los brazos completamente extendidos, tanto desde de pie

como desde sentado, con el tronco anterior flexionado y las piernas extendidas (Cureton 1941). Cinesiológicamente, la flexión no es el único movimiento posible –también es posible realizar la extensión, la aducción y la abducción en las articulaciones corporales. Sin embargo, la asociación original de la palabra *flexión* permanece en el término *flexibilidad*.

La flexibilidad ha sido recientemente incluida como una variable fundamental en los ejercicios para adultos (ACSM 1998a) y ancianos (ACSM 1998b) sanos. Aunque los ejercicios de flexibilidad se incluyen siempre en una prescripción completa del ejercicio, es interesante advertir que hay muchos menos (y muchos menos actualmente) documentos científicos publicados sobre esta materia que sobre otras variables físicas del fitness y la salud importantes, como son la potencia aeróbica máxima, la fuerza y resistencia musculares, y la composición corporal. Así pues, no es sorprendente que la discusión sobre la valoración y prescripción de los ejercicios de flexibilidad sea a menudo general. La escasez de datos podría ser debida al mayor número de limitaciones en cuanto a la valoración de las técnicas utilizadas, especialmente en términos de validez y de falta de índices o resultados establecidos para la flexibilidad individual global. Dichas limitaciones han impedido también comparar la flexibilidad entre individuos de diferentes grupos de edad o sexo y entre quienes practican distintos deportes, así como la eficacia de los distintos programas específicos del entrenamiento de la flexibilidad.

Este capítulo revisa los aspectos generales y más relevantes de la flexibilidad, y presenta definiciones, el papel específico del entrenamiento físico y la influencia y relevancia de los factores que intervienen en la flexibilidad.

### Definiciones

Como ya hemos mencionado, los profesionales del campo de la actividad física han venido

usando el término *flexibilidad* durante un largo período de tiempo. La mayoría de los individuos, incluso los no entendidos, tienen una idea del significado de la palabra e incluso de alguna de sus implicaciones tanto en el entrenamiento físico como en la salud. Debido a la amplitud de conceptos y aplicaciones de la flexibilidad, la presentación de una nueva técnica de valoración de la flexibilidad debería dirigirse a las diferentes definiciones existentes en el mundo e, idealmente, introducir una nueva y completa definición.

La definición más simple considera la flexibilidad como “la amplitud del movimiento (ROM=range of motion) de una articulación” (Stoedefalke 1971; Mathews 1978). Phillips y Hornak (1979) añadieron a la definición “o secuencia de articulaciones”. La referencia a la medición estrictamente fisiológica fue expresada por Reilly (1981), quien introdujo “la falta de rigidez” en la definición clásica de flexibilidad, y Bosco y Gustafson (1983) fueron quienes definieron la flexibilidad como “el grado de movilidad (ROM) de las partes del cuerpo sobre sus articulaciones, sin tensión excesiva en ellas o en sus tendones y ligamentos.” Las definiciones propuestas más recientemente incorporan “la máxima amplitud del movimiento” (Kell, Bell, y Quinney 2001). Según esto, la flexibilidad se presenta como “la capacidad de una articulación para moverse en la amplitud total de su arco de movimiento” (Fahey, Insel y Roth 1999), lo cual, en realidad, simplemente detalla el significado de “la amplitud máxima del movimiento”. Esta definición es muy similar a la que se propuso en una reciente declaración del ACSM (1998a).

Distintos autores han definido la flexibilidad, pero todas las definiciones incluyen la expresión “amplitud del movimiento de una articulación (o articulaciones)”.

Una cuestión fundamental en la definición de la flexibilidad es aclarar cómo se cuantifica la amplitud máxima del movimiento. El límite máximo de un movimiento articular determinado puede ser alcanzado *activamente* por una persona que contraiga sus propios músculos o *pasivamente* mediante la asistencia de otra persona para mover la articulación o el miembro. Debido a que la amplitud del movimiento pasiva es a menudo

mayor que la activa, además de verse influida por menos variables (p. ej., la fuerza muscular y la coordinación), suele ser preferida en la evaluación de la flexibilidad. Consideremos, por ejemplo, la flexión de la rodilla desde la posición de pie; la amplitud del movimiento obtenida por la contracción de los músculos isquiotibiales está limitada por la localización de sus inserciones musculares. Sin embargo, con la ayuda de otra persona es bastante posible aumentar esa amplitud del movimiento, a menudo hasta el punto de superponer la parte posterior de la pierna y el muslo y alcanzar un arco de movimiento sustancialmente amplio. Un ejemplo más extremo sería el de una persona con paraplejía, que no dispone de flexibilidad activa en su tobillo, pero con una amplitud de movimiento en el tobillo –dorsiflexión y flexión plantar– normal o seminormal en la movilización pasiva.

El arco de movimiento de una determinada articulación está limitado por los factores estructurales y por las sensaciones desagradables del sujeto que está siendo evaluado. Ambos factores varían considerablemente en cada individuo e incluso en cada uno de los movimientos articulares del mismo individuo. Dependiendo del grado de movilidad articular que se esté valorando, habrá distintos factores limitantes. Por añadidura, existen algunos movimientos para los que alcanzar la amplitud máxima podría generar un alto grado de incomodidad (p. ej., la rotación lateral del hombro o la flexión de la muñeca), mientras que no ocurre lo mismo en otros movimientos (p. ej., la extensión de la muñeca o la flexión del codo). Sin embargo, para evitar una lesión durante la medición de la flexibilidad, se debe considerar preferiblemente la amplitud del movimiento fisiológica antes que la potencialmente patológica.

La amplitud del movimiento es un valor específico más que genérico, y es posible que una persona tenga un mayor arco de movimiento en unas articulaciones que en otras. Esta característica se ha incorporado en la definición de flexibilidad en sentido amplio como “especificidad de la flexibilidad” (Dickinson 1968; Harris 1969a). Por el componente estático de la movilidad articular, se puede detectar que las definiciones de flexibilidad disponibles no están dirigidas a algunos de los aspectos que acabamos de mencionar.

Una definición de flexibilidad debe tener en

cuenta diversos puntos importantes. En primer lugar, debe incorporar explícitamente la idea de *amplitud máxima del movimiento* (ROM = range of motion), tal y como las definiciones anteriores ya han indicado. Debe abarcar también *medición pasiva* como referencia a la eliminación o minimización de la influencia de otras variables como la fuerza muscular, la coordinación motora y la motivación individual en la valoración de la amplitud del movimiento. Debe tratar asimismo, de una manera explícita, la necesidad de prevenir cualquier lesión durante la valoración de la máxima amplitud del movimiento utilizando el concepto *fisiológico* para estipular que la máxima amplitud del movimiento debería ser alcanzada sin dañar tejidos ni articulaciones. Por último, nuestra definición debe reunir los requerimientos de *especificidad* tratando la medición de la flexibilidad para un determinado movimiento articular. De este modo, nuestra definición de flexibilidad es la siguiente:

*La amplitud fisiológica pasiva  
del movimiento de un determinado  
movimiento articular.*

Es importante mencionar el hecho de que esta definición enfatiza el movimiento de articulaciones individuales más que la flexibilidad global. Sin embargo, la cuestión morfofuncional llamada flexibilidad tiende a ser una característica general del cuerpo y no se contempla como algo específico de una determinada movilidad articular. De hecho, ambos aspectos –el rango de movilidad en movimientos individuales y la flexibilidad global (este último es difícil de definir)– son extremadamente relevantes.

Existe una última cuestión referente a las definiciones de otros términos relacionados con la flexibilidad: aunque nos demos cuenta de que *movilidad articular* se puede utilizar como un sinónimo de flexibilidad (si se considera sólo el componente estático) (Leighton 1955), la palabra *estiramiento* está mejor utilizada para indicar el tipo de ejercicio físico con el que se alcanza la máxima o casi máxima amplitud del movimiento articular, sea activa o pasivamente, para uno o más movimientos articulares. Aun así, entendemos que es correcto emplear la expresión *ejercicios de estiramiento* como sinónimo de *ejercicios de flexibilidad*.

## Especificidad

Una de las cuestiones fundamentales en la investigación de la flexibilidad es averiguar si la movilidad articular es una característica general o particular. Cureton (1941), desde una visión clásica, señaló cuatro tests de medición y valoración de la flexibilidad. Dado que la correlación de los cuatro resultados fue bastante baja, sugirió la especificidad de los tests (p. ej., cada test medía diferentes características, pero, incluso así, no fue indicativo de la flexibilidad global). Aun con las limitaciones teóricas de los tests, que permitían variables distintas a la flexibilidad que influían en el resultado, este estudio clásico llamó la atención sobre el tema de la especificidad de la flexibilidad.

La cuestión de la especificidad fue descuidada durante muchos años, quizá por el uso difundido de tests lineales de movimientos individuales en los años 1950 y 1960, pero fue retomada posteriormente (Dickinson 1968; Harris 1969a). El trabajo pionero de Dickinson (1968) mostró que no existe una correlación significativa entre la flexión y la extensión de la muñeca y el tobillo, y dio fuerza a la teoría de la especificidad de la flexibilidad. Este estudio fue complementado más tarde por los trabajos de Harris, quien sugirió que la flexibilidad no es una característica genérica del cuerpo humano. De este modo, Harris concluyó que ni la medición de movimientos articulares particulares ni los tests particulares que combinan resultados de distintos movimientos y los presentan como un único resultado podrían representar satisfactoriamente las características individuales de la flexibilidad de un sujeto determinado (Harris 1969a; Harris 1969b). Harris (1969b) investigó a 147 mujeres diestras, estudiantes de la Universidad de Wisconsin y, mediante la aplicación del análisis factorial (una valoración bastante avanzada en aquel momento), mostró que la flexibilidad estática y la flexibilidad dinámica eran dos características muy distintas y además que la especificidad no estaba restringida únicamente a las articulaciones, sino también a la movilidad de las articulaciones, que pueden tener diferencias sustanciales en las amplitudes del movimiento. Por ejemplo, un individuo puede presentar una buena flexión y una mala extensión en la misma cadera. Por este motivo, es difícil considerar a una persona o incluso una articulación como flexible si

no se realizan unas mediciones adecuadas y extensas.

## Relevancia

Una vez la flexibilidad es presentada, definida y delimitada, es necesario tratar el significado y la relevancia de la movilidad articular y de su medición. En el campo de la salud, especialmente cuando consideramos a ancianos o a personas con discapacidades físicas, la autonomía, la independencia y la seguridad (p. ej., minimizar el riesgo de caída) dependerán de que la persona tenga o no los niveles adecuados de flexibilidad corporal en general, y en particular de la amplitud de algunos movimientos articulares (Gersten et al. 1970; Schenkman, Morey y Kuchibhatla 2000; Hauer et al. 2001). La flexibilidad tiene además un importante papel en algunos deportes y artes escénicas, incluso para los músicos, dado que una actuación excepcional depende de la movilidad de un gran número de articulaciones. Por otro lado, no existe relación entre la flexibilidad, valorada mediante la movilidad de flexión del tronco, y la mayoría de causas de mortalidad (Katzmarzyk y Craig 2002).

Los ejercicios regulares para mantener y mejorar la movilidad articular han sido recomendados por casi todos los estamentos institucionales de la actividad física (ACSM 2000; Pollock et al. 2000). El interés por la flexibilidad aumentó cuando fue incluida como una variable física del fitness en los años 1950 (Corbin y Noble 1980).

### La flexibilidad es relevante en muchas áreas del conocimiento:

- Biofísica
- Fisiología
- Cineantropometría
- Medicina del ejercicio y el deporte
- Educación física
- Fisioterapia
- Ortopedia y traumatología
- Medicina física
- Reumatología
- Ergonomía
- Ingeniería

Posteriormente, este interés fue renovado con el conocimiento de que la flexibilidad es un componente físico del fitness para la salud (Bouchard et al. 1990). Por tanto, cuantificar la flexibilidad –por su falta o por su exceso– es sin duda relevante. Estos aspectos serán tratados con más profundidad en el capítulo 2. Por añadidura, el estudio y la cuantificación de la flexibilidad son también importantes en áreas del conocimiento que van desde la rama de la biomedicina básica hasta las ciencias aplicadas.

## Factores limitantes

Hay diversos factores físicos que restringen la movilidad articular, de los cuales trataremos en este apartado (tabla 1.1) Por razones prácticas, no consideraremos la parálisis como un factor limitante. Quienes estén interesados en obtener más detalles deben leer otros textos que tratan el tema de la movilidad articular desde una perspectiva anatómica e histórica más profunda (Holland 1968; Kapandji y Kandel 1997; Alter 1996).

La movilidad articular procede de la acción de una fuerza sobre los segmentos conectados por una articulación. Si esta fuerza proviene de la contracción muscular, se ejecuta un movimiento activo; si esta fuerza es externa al cuerpo, sea causada directa o indirectamente por la gravedad o

**Tabla 1.1 Factores limítrofes de la flexibilidad**

Articular	Capsular
Tejidos conectivos	Líquido sinovial Tendones
Músculos	Ligamentos Componentes conectivos Componentes viscoso-elásticos
Grasa	Hipertrofia Subcutis
Huesos	Vísceras
Piel	

por otro sujeto u objeto, el movimiento es pasivo. La movilidad articular, desde los puntos de vista anatómico, cinesiológico y fisiológico, es una característica continua y finita que va desde la inmovilidad hasta una extraordinaria amplitud del movimiento.

Las principales articulaciones del cuerpo están morfológica y funcionalmente relacionadas con los diferentes tejidos y estructuras, incluido las cápsulas articulares, los tendones, ligamentos, músculos, grasa, huesos y piel. Hay, sin embargo, un determinado número de dificultades operativas a la hora de determinar el papel que cada una de ellas tiene en la limitación real de la movilidad articular. Además, para cada movimiento y articulación, los factores limitantes pueden ser distintos. Por añadidura, durante la vida individual de cada sujeto es bastante probable que el papel relativo de cada factor vaya modificándose.

Johns y Wright (1962) cuantificaron objetivamente la importancia relativa de distintos factores en el impedimento físico de unos determinados movimientos articulares. Las propiedades de una muñeca de gato (teóricamente similar a la articulación metacarpofalángica de los humanos) fueron cuidadosamente investigadas para cuantificar el papel de cada una en la resistencia del movimiento mediante la disección selectiva de cada componente restringente y mediante la medición del torque (momento). Los resultados revelaron que la inercia y la viscosidad representaban menos del 10% de la resistencia, aunque la plasticidad y la elasticidad particular fueran los principales factores a superar en la ejecución del movimiento. Desde un punto de vista anatómico, la cápsula articular fue responsable del 47% de la resistencia; el músculo, del 41%; el tendón, del 10%, y la piel, solamente del 2%. Sin embargo, se debe destacar el hecho de que estas mediciones fueron hechas en movimientos que únicamente llevaron la articulación hasta la mitad de la máxima amplitud del movimiento. Tal y como sugirieron estos autores, en el punto extremo de la amplitud articular los tendones tienen un papel mucho más importante, especialmente en movimientos como la flexión de la muñeca.

Mientras este detallado estudio aportó una contribución significativa al conocimiento científico, se debe esperar cierta variabilidad en estas proporciones cuando valoremos a una persona en distintas articulaciones y movimientos, y cuando

consideremos diferentes grupos de edad, sexo y características físicas. Es bastante común, por ejemplo, observar una limitación mecánica en la flexión del tronco causada por un exceso de grasa abdominal o un embarazo avanzado.

Las estructuras articulares desempeñan también un papel en la restricción del arco de movimiento causado por factores capsulares y extra-capsulares que son considerablemente más importantes en algunos estados mórbidos, como los vistos en las diversas formas de lesión articular. En algunos estados patológicos las respuestas de inflamación articular caracterizadas por signos molestos (dolor, edema, rojeces, etc.) pueden representar una limitación considerable de la movilidad (Williams 1957); lo mismo nos sirve para las grandes cicatrices fibrosas (Wilson y Stasch 1945). Este tipo de restricción de la movilidad es más frecuente en pacientes que padecen artritis reumatoide o enfermedades relacionadas.

Una considerable cantidad de resistencia al movimiento viene dada por las proteínas de los músculos (actina, miosina, distrofina y otras), la interfaz de tejido conectivo- músculo (laminina, p. ej.) y el mismo tejido conectivo. Es interesante el hecho de que la amplitud extrema del arco de movimiento dependa de las proporciones relativas de colágeno y elastina en el tejido conectivo; debido a que la elastina es fácilmente distensible, el colágeno es la primera causa de restricción.

Cuando consideramos el músculo esquelético como un factor que restringe la movilidad articular, es importante especificar las condiciones del estudio. Aunque el músculo esquelético tiene un papel muy pequeño en el movimiento pasivo de nuestras pequeñas articulaciones de los dedos, puede ser un factor limitante para la flexión del tronco si los músculos isquiotibiales presentan un aumento de tono y un acortamiento en la posición de reposo. En general, la restricción causada por los músculos tiende a ser más evidente en las grandes articulaciones. Esto es más fácil de detectar en personas con un mayor desarrollo muscular, como los culturistas, para quienes una flexión completa del codo rara vez es posible.

Sapega y Nicholas (1981) determinaron que las principales causas de resistencia física al estiramiento muscular eran los componentes conectivos que definían el esqueleto muscular y no los

componentes contráctiles. De acuerdo con Barnett y Cobbold (1969), la tensión elástica participa como mínimo en la mitad de la resistencia al movimiento. Obviamente, los espasmos anormales y los estados de contracción muscular deben aumentar considerablemente la resistencia al estiramiento muscular y podrían incluso limitar completamente el movimiento articular.

Otros factores estructurales pueden ser importantes en la limitación de la movilidad articular. Uno de estos factores es la cantidad de tejido adiposo (Reilly 1981). La distribución de la grasa corporal es inicialmente centrífuga, pero acaba siendo centrípeta con el crecimiento y el desarrollo del cuerpo. Éste es el motivo por el que podemos ver en los recién nacidos una limitación en el arco de movimiento de la flexión de la muñeca debido principalmente al exceso de tejido adiposo en esta zona, mientras que un adulto obeso podría encontrar dificultades para ejecutar la flexión de la rodilla o la aducción de la cadera a causa de la excesiva cantidad de grasa acumulada en estas zonas.

La posición de los huesos en una articulación puede también representar un mecanismo básico de restricción. Por ejemplo, es extremadamente difícil, si no imposible, realizar la aducción o abducción del codo. La cavidad entre el húmero y los huesos del antebrazo impide prácticamente que estos movimientos sean realizados. Las cavidades óseas –para ser más precisos, la fosa oleocraniana– limitan la extensión del codo. Es incluso posible que el grado de movilidad para este movimiento no pueda ser aumentado después del cierre de la epífisis (Reilly 1981). En determinadas circunstancias, especialmente para grandes arcos de movimiento, la superposición directa del hueso limita también la amplitud del movimiento, como en la flexión del codo.

Finalmente, hay que considerar la piel, que tiene un papel menor en la limitación de la movilidad, aunque en algunos procesos patológicos podría aumentar o disminuir la elasticidad. Por ejemplo, en los casos de deshidratación y en el síndrome de Ehlers-Danlos. La piel es menos restrictiva, mientras que en la esclerodermatitis y otras afecciones clínicas del espesamiento de la piel, su cualidad restrictiva puede aumentar.

## Variables que intervienen

Las investigaciones académicas son propensas a la formación de opiniones opuestas y contradictorias, y esto también ocurre en el estudio de la flexibilidad. La mayoría de las discrepancias son causadas por el uso de distintos métodos de investigación para evaluar la flexibilidad o analizar las distintas poblaciones. La movilidad articular puede estar influida por varios aspectos, incluidos la edad, el sexo, las características morfológicas y la regularidad de ejercicio físico. Este apartado revisa las relaciones que hay entre la flexibilidad y otras variables que intervienen (con el fin de ser más prácticos que académicos), basadas en la bibliografía disponible y en nuestra propia experiencia y punto de vista.

### La edad

En 1921, Gilliland sugirió que quizá los distintos valores de movilidad articular deberían ser considerados en niños y ancianos. Esta idea ha estado sometida a numerosas investigaciones.

Coon et al. (1975) establecieron unos estándares para bebés de seis semanas de edad y tres y seis meses, basándose en la medición pasiva de los ángulos de las rodillas de más de 40 niños. Vieron que la movilidad de la rodilla era algo mayor en los bebés de tres y seis meses que en los de seis semanas de edad.

Haas, Epps y Adams (1973), Hoffer (1980) y Waugh et al. (1983) estudiaron también la movilidad de los recién nacidos y encontraron que ésta aumenta progresivamente en las extremidades superiores pero se mantiene constante en las extremidades inferiores durante los primeros tres días de vida. Es interesante ver cómo la flexión plantar del tobillo aumenta gradualmente, mientras que la dorsiflexión disminuye. Hoffer (1980) también detectó que una limitación de la extensión de la rodilla, que puede ser de 35° al nacer, tiende a desaparecer sólo en las primeras etapas de la marcha durante el segundo año de vida. Estos datos sugieren la existencia de un patrón específico de movilidad articular en los recién nacidos que, de alguna manera, refleja un patrón de movilidad y la típica posición intrauterina. Es también interesante notar que no hay ninguna evi-

dencia de hiperlaxitud ligamentosa o hipermovilidad durante la primera semana de vida (Wynne-Davies 1971).

Disponemos de limitada información científica acerca de la flexibilidad entre los seis meses de vida y los cinco años. Esto se debe probablemente a las dificultades de investigar niños de este grupo de edad, y también a una falta de interés por las disciplinas médicas y deportivas. A partir del uso de algunas mediciones de laxitud ligamentosa, Wynne-Davies (1971) detectó que la mayoría de los niños de edades comprendidas entre los dos y los tres años pueden considerarse hiper móviles; a partir de entonces, existe una progresiva pérdida del nivel de movilidad extrema. Datos similares fueron también obtenidos en un estudio clásico por Beighton, Solomon y Soskolne (1973).

Las técnicas de evaluación de la flexibilidad muestran que la movilidad articular se mantiene o disminuye gradualmente a lo largo de los años de la infancia y la adolescencia (Gurewitsch y O'Neill 1941; Kendall y Kendall 1948; Leighton 1956; Silverman et al. 1975; Lehnhard et al. 1992; Farinatti, Nóbrega y Araújo 1998), aunque pueden aparecer distintos patrones en algunas articulaciones (Leighton 1956) o en movimientos específicos (Goldberg et al. 1980). Cuando analizaron la información de la flexibilidad a partir de los resultados obtenidos por la aplicación del método flexitest a 901 niños y niñas de 5 a 15 años de edad, Farinatti, Nóbrega y Araújo (1998) observaron una tendencia mayoritaria a la disminución y, más especialmente, a la disminución de la movilidad del tronco. Contrariamente a la norma general, Boone y Azen (1979) encontraron una característica peculiar: un alto grado de extensión de muñeca y tobillo en los niños de 5 a 10 años de edad en comparación con los niños en sus primeros 5 días de vida.

En contraste con la relevante escasez de estudios sobre la flexibilidad durante los años de crecimiento y desarrollo, existen muchos sobre la flexibilidad en los adultos. Como era de esperar, se ha observado que existe una disminución gradual de la movilidad articular con el envejecimiento, sin tener en cuenta la técnica de medición utilizada (Kottke y Mundale 1959; Macrae y Wright 1969; Moll y Wright 1971; Allande et al. 1974; Sugahara y col. 1981; Einkauf et al. 1987;

Shephard, Berridge y Montelpare 1990; Brown y Miller 1998). A pesar de esta disminución gradual de la flexibilidad con los años tanto en los hombres como en las mujeres, el grado de pérdida parece diferenciarse en las distintas articulaciones dependiendo de cómo se mida la flexibilidad. De acuerdo con Boone y Azen (1979), las diferencias entre niños y adultos son más evidentes en la amplitud de la rotación lateral del hombro. Smahel (1975) encontró que las diferencias entre la flexibilidad activa y pasiva tienden a disminuir con los años.

A pesar de que hay numerosos datos que confirman que la flexibilidad disminuye con los años, existen dos preguntas relevantes que todavía no han encontrado o definido sus respuestas. En primer lugar, ¿cuál es la magnitud o cantidad de pérdida de flexibilidad que produce el envejecimiento? En segundo lugar, ¿cuáles son las causas de la reducción de la flexibilidad inducida por la edad? La mayoría de los métodos o técnicas de evaluación no proporcionan una vía objetiva para evaluar la pérdida de la flexibilidad con el envejecimiento, y actualmente no existen datos longitudinales a largo plazo. Los datos recopilados con la valoración de la hiperlaxitud ligamentosa muestran que la prevalencia de estas condiciones es bastante estable en la infancia y que decrece rápida y progresivamente en la madurez, pasando de un 50% a menos de un 5%, y desde entonces se estabiliza o baja sutilmente hasta la vejez (Beighton, Solomon y Soskolne 1973). Aunque la flexibilidad se reduce en los últimos años de la vida adulta, está claro que la valoración de la laxitud ligamentosa no permite un análisis cuantitativo o cualitativo preciso sobre el comportamiento de la movilidad articular (esta cuestión será tratada más profundamente en el capítulo 8). Datos recientes sugieren que la flexibilidad puede permanecer estable desde la adolescencia hasta la juventud (Lefevre et al. 2000; Fortier et al. 2001). A partir de un estudio en el que se utiliza el método flexitest (ver páginas 51-78), podemos observar dos puntos clave:

1. Está claro que hay una pérdida sustancial de la flexibilidad entre los 5 y los 80 años; los individuos ancianos presentan aproximadamente la mitad de la flexibilidad total observada durante la infancia.

2. Un reducido grupo de mujeres de la misma familia mostraron una cierta estabilidad de la flexibilidad y una gran variabilidad intersujeto cuando fueron evaluadas 15 años después.

Considerando estos datos preliminares, parece valioso adquirir unos datos longitudinales a largo plazo sobre la flexibilidad para clarificar las cuestiones de la pérdida de flexibilidad con el envejecimiento.

Durante el desarrollo, la masa muscular aumenta gradualmente para permitir las actividades motoras diarias (p. ej., andar, jugar, y saltar). Más adelante, la disminución de la elasticidad de las estructuras de los tejidos conectivos, debido parcialmente a la alta cristalinidad del colágeno y al aumento del diámetro de las fibras, comporta la esperada reducción gradual de la flexibilidad corporal. Un conocimiento más profundo de los procesos fisiológicos y bioquímicos de la edad en estas cuestiones podría contribuir al establecimiento de estrategias para mantener unos niveles de flexibilidad óptimos en niños y adolescentes.

## Flexibilidad y edad

- Tendencia a la disminución de la flexibilidad con el proceso de envejecimiento
- Los valores máximos tienden a alcanzarse durante la infancia
- La variabilidad interindividual también aumenta con la edad

Como conclusión de la bibliografía, y en pro de nuestras investigaciones utilizando el método flexitest, está claro que el excesivo tono flexor de los recién nacidos limita su movilidad en las primeras horas de vida. Con el paso de las semanas y los meses, el tono se equilibra y se alcanza la máxima flexibilidad hacia los dos o tres años de edad. Desde este momento, la flexibilidad tiende a disminuir gradualmente hasta la vejez. Parece ser que la velocidad de la pérdida de movilidad articular no es constante durante el proceso de envejecimiento. La pérdida parece ser más rápida desde la infancia hasta el final de la adolescencia, mucho más lenta en las siguientes dos décadas, y

otra vez más rápida en los años siguientes. Parece claro también que las razones de esta pérdida pueden diferir para cada movimiento y articulación, aunque esta cuestión no ha sido objeto de ningún estudio prospectivo adecuado. En nuestros datos hemos detectado una tendencia a la mejor preservación de la movilidad en los movimientos distales que en los proximales con el envejecimiento. Hemos visto también grandes variaciones de la flexibilidad general de los adultos de mediana edad si los comparamos con las de los niños, adolescentes y jóvenes. En nuestra opinión, esto ocurre porque los más jóvenes tienden a ser más activos uniformemente (p. ej., acudiendo a las clases de educación física obligatoria), mientras que los niveles de actividad física en los adultos son más variables, desde una total falta de ejercicio hasta una práctica frecuente e intensa de ejercicio y deporte. De todos modos, es evidente que hay que desarrollar normas de evaluación de la flexibilidad para cada grupo de edad. Es también esencial realizar grandes estudios longitudinales para que el conocimiento actual, que está basado casi en su totalidad en estudios transversales, pueda ser confirmado o discutido.

## El sexo

A finales del siglo XIX, Potter (1895) mostró que hombres y mujeres se diferencian en términos del *ángulo cubital* (figura 1.1). Desde entonces, las diferencias de movilidad articular en hombres y mujeres han sido examinadas en un gran número de estudios, con distintas conclusiones. Aquí presentamos los resultados de los estudios más relevantes, y analizamos los movimientos en dirección proximal-distal o craneal-caudal.

La primera área importante que debe ser considerada es la articulación temporomandibular. Ésta tiene un importante papel en un gran número de acciones (tales como hablar, comer, beber y besar), y es la única articulación en la que los hombres tienen sistemáticamente una apertura más amplia, o mayor flexibilidad (Wright y Hopkins 1982).

Procediendo a las extremidades superiores, la movilidad activa para la rotación lateral y medial del hombro se ha encontrado ligeramente mejor en las mujeres (Murray et al. 1985). Muchos autores han encontrado en el pasado que las mujeres tienen un mayor ángulo cubital en comparación con los



**Figura 1.1** Ángulo cubital

hombres (Keats et al. 1966; Baughman et al. 1974; Beals 1976). Mediante el uso de técnicas estadísticas no disponibles en el siglo XIX, encontraron que los resultados de la flexibilidad de hombres y mujeres se superponían altamente y con frecuencia sin diferencias significativas, pero que las mujeres tendían a ofrecer ligeramente mejores resultados. En el caso de la movilidad de la muñeca, Smahel (1975) y Bird y Stowe (1982) encontraron en las mujeres una mayor movilidad, aunque la diferencia era menos evidente en los ancianos. En los dedos de la mano no parece que hubiera una diferencia significativa por sexos (Cantrell y Fisher 1982).

Dependiendo de la técnica de evaluación utilizada, las investigaciones sobre el sexo en la flexibilidad del tronco reportan a varios descubrimientos. Moll y Wright (1971), utilizando una técnica lineal, encontraron una mayor flexibilidad en los hombres –presumiblemente debido a que suelen

ser más altos. La influencia de la técnica fue descrita por Wolf et al. (1979), quienes señalaron que los hombres tenían mayor *movilidad* cuando se utilizaba el método lineal, que mide en centímetros, mientras que las mujeres tenían mayor *amplitud* cuando se utilizaba el goniómetro. Cuando se analizó la flexión del tronco aisladamente con la técnica de Kraus-Weber, numerosos autores encontraron mejores resultados en las chicas que en los chicos (Phillips et al. 1955; Kelliher 1960). Estos resultados fueron confirmados por Grana y Moretz (1978), quienes utilizaron la técnica de Nicholas de valoración de la flexibilidad y hallaron resultados similares. Estos resultados incitaron a Goldberg et al. (1980) a proponer para esta técnica unas guías de evaluación distintas según el sexo.

En las extremidades inferiores las mujeres tienden a ser más flexibles, aunque el tobillo demuestra una diferencia por sexo decreciente (Nowak 1972). Aunque las mujeres tienden a presentar una mayor flexión plantar, es bastante común entre ellas, especialmente después de los 40 años, mostrar una reducción gradual de la amplitud del movimiento de la dorsiflexión del tobillo en comparación con los hombres. Esto se asocia seguramente al uso frecuente que las mujeres hacen de los zapatos de tacón en los países occidentales (Alexander et al. 1982).

En una revisión de la flexibilidad general, dos estudios de población de sección cruzada presentaron resultados similares y una tendencia uniforme en las mujeres a tener una mayor flexibilidad en prácticamente todos los grupos de edades (Beighton, Solomon y Soskolne 1973; Allander et al. 1974). Nuestros datos, obtenidos mediante el uso del flexitest, muestran que las diferencias por sexo son mínimas en niños de cinco y seis años (véase capítulo 6, pág.113-139). No obstante, a partir de esta edad es evidente una diferencia por sexo –especialmente después de la pubertad–, presentando siempre las mujeres mejores resultados.

Desde la temprana edad de seis años, la mayoría de las mujeres son más flexibles que los varones de la misma edad, aunque existe un vacío considerable entre sus distribuciones de datos.

En resumen, existe un consenso general de que las mujeres, desde como mínimo el principio de la escuela primaria, son más flexibles que los hombres en todas las articulaciones excepto en la articulación temporomandibular. Es obvio que la técnica de evaluación puede influir en la magnitud de las diferencias e incluso, en algunos casos, ofrecer unos resultados atípicos. También, por el hecho de que los valores para ambos sexos están considerablemente superpuestos, es posible que los hombres sean más flexibles que las mujeres de edad similar. Las razones biológicas para basarse en estas diferencias por sexo en la movilidad articular son todavía hoy poco claras, y la complejidad metodológica se mantendrá probablemente en este camino. Nosotros especulamos con que los factores hormonales (p. ej., altos niveles de relaxina durante el embarazo), culturales (p. ej., el estilo elegante de la mujer) y morfológicos (p. ej., menor tono muscular y ligamentos laxos) desempeñan un papel en estas diferencias.

## La lateralidad

Las mediciones de la movilidad articular se realizan rutinariamente en un lado del cuerpo, dando por sentado que en las personas sin discapacidades físicas los dos lados del cuerpo tienen idénticos niveles de movilidad. La gran mayoría de estudios han encontrado que la movilidad de los lados derecho e izquierdo es bastante similar. Glanville y Kreezer (1973) fueron tal vez los primeros en descubrir que no había diferencias en las mediciones de los dos lados del cuerpo en personas adultas. Este descubrimiento fue más adelante validado para diferentes movimientos (Allander et al. 1974; Boone y Azen 1979); para la articulación de la muñeca (Nemethi 1953) y del tobillo (Alexander et al. 1982), y para la flexión lateral cervical (Ferlic 1962) y flexión lateral del tronco (Rezende, Faria, y Almeida 1981). Todavía hoy, ocasionalmente, se pueden identificar algunos casos de diferencias bilaterales.

Mientras estos descubrimientos sobre la similitud lateral son la norma para la gente corriente, los deportistas pueden presentar características significativas de asimetría, en particular aquellos cuyas modalidades deportivas requieren esfuerzos unilaterales repetidos. Por ejemplo, Chinn, Priest y Kent (1974) observaron que la movilidad

articular de la extremidad superior en los tenistas es considerablemente asimétrica, y Kirby et al. (1984) identificaron una alta incidencia de diferencias bilaterales en deportistas comparada con los no deportistas. En el fútbol, por ejemplo, un deporte que no favorece especialmente ningún lado del cuerpo, Oberg et al. (1984) no encontraron diferencias significativas de flexibilidad entre los dos lados del cuerpo de los jugadores.

La valoración de la influencia de la *lateralidad sobre la movilidad* también tiene en cuenta otros factores, como la técnica de evaluación seleccionada. Esto puede ejemplificarse en los datos de Smahel (1975), quien identificó la misma amplitud de movimiento en el plano sagital de las dos muñecas, y además que la extensión era mayor en la muñeca derecha y la flexión mayor en la izquierda.

Los arcos de movimiento en algunas articulaciones pueden diferir de acuerdo con el dominio lateral o el uso preferencial.

Después de revisar la bibliografía y considerar nuestra propia experiencia en la evaluación de la flexibilidad, parece probable que la movilidad articular sea básicamente idéntica para los dos lados del cuerpo en sujetos sanos que no son deportistas o no tienen una ocupación predominantemente “unilateral”. Esta conclusión está corroborada en la práctica con la estrategia médica de valorar la movilidad de una articulación lesionada y compararla con la movilidad de su articulación contralateral (Moore 1949b; Stoedefalke 1974; Rusk 1977; Roaas y Andersson 1982).

## Factores morfológicos

La flexibilidad, una variable de características morfológicas y funcionales, puede clasificarse en el ámbito académico de la cineantropometría. Así pues, se debe revisar la relación de la flexibilidad con otros aspectos de la estructura y la función corporal, como son las mediciones antropométricas, el somatotipo, la composición corporal, la fuerza muscular y la potencia. Aquí revisaremos estas interrelaciones.

La relación entre la flexibilidad y la altura corporal fue contemplada en décadas pasadas en un gran número de estudios. Todos ellos describieron

la falta de una correlación significativa entre las dos variables (Mathews, Shaw y Bohnen 1957; Anderson y Sweetman 1975; Dockerty y Bell 1985). Debido a que estos autores estudiaron muestras de grupos de edad relativamente uniformes, la asociación entre pérdidas graduales en la altura y en la flexibilidad causadas por la edad no interfirió en los resultados.

En la mayoría de los estudios realizados entre 1950 y 1960 que utilizaron mediciones lineales para la valoración de la movilidad articular, una de las principales preocupaciones de los investigadores fue identificar las asociaciones entre la flexibilidad y la antropometría. Sin embargo, no se encontró una relación significativa entre la flexibilidad y las mediciones antropométricas seleccionadas (Broer y Galles 1958; Mathews, Shaw y Woods 1959; Burley, Dobell y Farell 1961).

Entre las variables morfológicas, sólo la composición corporal y la flexibilidad están regularmente incluidas en las evaluaciones de salud relacionadas con la forma física (Bouchard et al. 1990). La estrategia más simple para una valoración morfológica completa es calcular el índice de masa corporal (IMC) de un sujeto, que es el coeficiente entre el peso corporal (en kg) y el cuadrado de la altura (en metros). Aunque el cuerpo central de la documentación epidemiológica sobre el IMC ha tenido en cuenta el establecimiento de los grados clínicos normales que se asocian a los resultados de menor morbilidad y mortalidad, hay un gran número de limitaciones teóricas y prácticas de este índice, como es la ausencia de valores específicos para niños y adolescentes. Existe también el hecho de que uno no puede diferenciar entre las causas de unos valores altos del IMC –p. ej., cuando la masa sobrante es tejido graso o tejido muscular en sujetos con sobrepeso- y la interpretación puede verse comprometida cuando la altura es muy superior a los 170 cm (Ricardo y Araújo 2002), lo que indica las limitaciones de utilizar el IMC sólo para comprobar la asociación entre la flexibilidad y la composición corporal. Estas limitaciones pueden explicar por qué un estudio sobre niños alemanes no encontró ninguna relación entre la flexibilidad y el IMC (Rikken-Bultmann, Wellink y van Dongen 1997).

En el ámbito del ejercicio y el deporte la composición corporal es, a menudo, analizada con un

modelo de componente doble, masa corporal magra y masa grasa. Aun existiendo algunas limitaciones en los diferentes métodos y ecuaciones predictivas, parece claro que hay un intervalo de porcentaje de grasa corporal que refleja unos niveles apropiados de fitness y salud. Una de las estrategias utilizadas para valorar la composición corporal, y a la vez obtener información acerca de la linealidad relativa del sujeto, es la *somatotipología*. Este concepto se introdujo por primera vez en el año 1940 y se hizo más aplicable cuando la técnica antropométrica desarrollada por Heath y Carter (Heath y Carter 1967; Carter 1970) fue utilizada en poblaciones de atletas de elite. En resumen, el somatotipo se muestra mediante tres componentes cuyos valores numéricos independientes están adscritos de tal modo que puede ser identificado un predominio relativo (Ross et al. 1979):

1. Endomorfia, o grasa corporal
2. Mesomorfia, o nivel de desarrollo musculoesquelético relativo a la altura
3. Ectomorfia, que expresa la linealidad relativa y se calcula de acuerdo con un recíproco del índice ponderal

Diversos estudios han intentado asociar la flexibilidad con el somatotipo, pero no se ha encontrado una relación significativa (Tyrance 1958; Laubach y McConville 1966; Beighton, Solomon, y Soskolne 1973). Nuestra experiencia con el flexitest ha confirmado este hecho, aunque cabe señalar algunas tendencias genéricas. En personas de extrema obesidad, el exceso de grasa limita el grado de amplitud de algunos movimientos articulares; la misma tendencia se ve en individuos con músculos excesivamente desarrollados. Por otro lado, sujetos predominantemente ectomorfos, especialmente mujeres, tienden a mostrar una mayor flexibilidad general y valores de laxitud ligamentosa. Esto puede estar relacionado más con un perfil genético específico que con una asociación objetiva y causal entre la linealidad relativa y la flexibilidad.

Cuando consideramos la relación entre la fuerza muscular o potencia y la flexibilidad, nos viene a la mente los culturistas de competición, que tienen unos niveles excepcionales de desarrollo muscular y, bastante a menudo, unos niveles de flexibilidad corporal muy modestos (Chang,

Buschbacher y Edlich 1988). Datos de sección cruzada recientes han mostrado que los culturistas tienen un 10% menos de grado de movilidad en la rotación del hombro que los sujetos de la misma edad no culturistas (Barlow et al. 2002). En la bibliografía hay algunas descripciones de resultados contradictorios procedentes de estudios longitudinales en los cuales la flexibilidad se midió antes y después del entrenamiento de resistencia. Es ciertamente posible mejorar la fuerza muscular sin reducir significativamente la movilidad articular en un sujeto con un nivel de flexibilidad normal si se sigue un programa de ejercicios bien estructurado (Massey y Chaudet 1956; Kusnitz y Keeney 1958; De Vries 1974). En este sentido, es útil comentar los recientes descubrimientos sobre ganancias simultáneas de fuerza y flexibilidad en adultos mayores previamente inactivos (Fatouros et al. 2002). Sin embargo, es también cierto que un ejercicio inadecuado puede reducir los niveles de movilidad articular (Watson 1981), particularmente cuando la fuerza del cuádriceps femoral es incrementada (Moller, Oberg y Guillquist 1985). En sujetos hipermóviles, un incremento de la masa muscular tiende a reducir el grado de movilidad articular, minimizando así las nefastas consecuencias posteriores de la hipermovilidad. De modo similar, la hipertonicidad muscular aguda, sea debida a la extenuación causada por el ejercicio físico realizado o al dolor muscular tardío de las sesiones de ejercicio de los días previos, o incluso a la ansiedad intensa, puede causar una reducción de la amplitud del movimiento articular.

Existen algunas relaciones modestas entre la flexibilidad y otros factores morfológicos, incluida la tendencia a una mayor flexibilidad en los sujetos más altos y predominantemente ectomorfos, y a menores niveles de movilidad articular en sujetos endomórficos y mesomórficos.

Se puede concluir que las variables morfológicas más importantes, tal y como habitualmente se miden y valoran, se relacionan modestamente con la flexibilidad. Sin embargo, este tema no se ha investigado por completo, y es todavía posible que estudios futuros puedan cambiar parcial o

totalmente las conclusiones que hemos presentado aquí.

## Entrenamiento físico

La flexibilidad cambia según el entrenamiento específico. Hay un gran número de bibliografía que describe métodos, técnicas y estrategias apropiadas para el entrenamiento de la flexibilidad (Alter 1998; McAtee 1999). Los ejercicios aeróbicos que no se relacionan directamente con la flexibilidad, sean realizados en agua o en tierra, tienden a no incrementar la amplitud del movimiento de las articulaciones (Taunton et al. 1996). Para ganar flexibilidad, son necesarios programas de ejercicios específicos que utilizan rutinas de estiramientos para los principales movimientos articulares. Muchos ejercicios combinan dos o más movimientos articulares para optimizar el tiempo de entrenamiento, que raras veces supera los pocos minutos dos o tres veces por semana (Alter 1998; ACSM 2000).

Los ejercicios balísticos fueron inicialmente utilizados para incrementar la flexibilidad, seguidos de técnicas que alternaban ciclos de contracción y relajación. Esas técnicas estaban basadas en la teoría de la facilitación neuronal propioceptiva (FNP) (Burke, Culligan y Holt 2000). Posteriormente han sido utilizadas formas predominantemente estáticas. En éstas, un sujeto alcanza una posición extrema (caracterizada por el momento en que empieza a sentir alguna incomodidad) y permanece en esa posición durante un período de tiempo de 15 a 90 segundos, siendo considerados óptimos los 30 segundos (Bandy e Irion 1994; Bandy, Irion y Briggler 1998; Feland et al. 2001). Lamentablemente, la mayoría de los estudios han incluido períodos de entrenamiento muy cortos, rara vez superiores a 1 año (Morey et al. 1996).

Aunque existe consenso en que los ejercicios de flexibilidad deben ser prescritos para sujetos sanos y no sanos y para atletas y bailarines (ACSM 2000), los mecanismos biológicos responsables de los efectos favorables de un entrenamiento específico son relativamente desconocidos. En los años 1980 el énfasis se ponía en los mecanismos neurofisiológicos asociados con las distintas formas de ejercicio (Moore y Hutton 1980; Sady, Wortman y Blanke 1982). Documentos más recientes muestran que la

investigación se centra en las propiedades viscoelásticas de los músculos y los tendones (Sapega 1981; Etnyre y Abraham 1988; Magnusson 1998; McHugh et al. 1998; Kubo et al. 2001; Kubo, Kanehisa y Fukunaga 2002), y en los mecanismos celulares (De Deyne 2001) más que en las teorías neurales.

En una investigación desarrollada cuidadosamente, Magnusson ha mostrado que el principal mecanismo asociado a incrementos agudos y crónicos del grado de movilidad articular con entrenamiento específico es una mayor *tolerancia al estiramiento*, sin cambio sustancial alguno de las propiedades viscoelásticas del músculo (Magnusson et al. 1996; Magnusson 1998). La investigación correspondiente ha mostrado que una única sesión de estiramientos específicos de 5 minutos, comporta un incremento del grado de extensibilidad de los músculos isquiotibiales sin afectar a las propiedades de las curvas de rigidez muscular; este cambio está causado únicamente por el aumento de la tolerancia al estiramiento (Halbertsma, van Bolhuis y Göeken 1996). Magnusson (1998) describió que los efectos agudos del aumento de la movilidad articular inducidos por una sesión de estiramientos desaparecían en menos de 1 hora. A pesar de estos datos, Magnusson (1998) no excluye la posibilidad de que el entrenamiento específico durante largos períodos de tiempo, como lo realizan los bailarines y atletas, consiga distintos tipos de adaptaciones crónicas. Posteriormente, se obtuvo información relevante sobre el comportamiento in vivo de los tendones durante los ejercicios de estiramiento, lo que puede ser útil para una mejor comprensión de los mecanismos biológicos implicados en el entrenamiento de la flexibilidad (Kubo et al. 2001; Kubo, Kanehisa y Fukunaga 2002).

Datos recientes muestran que una de las principales razones por las que el entrenamiento incrementa la amplitud del movimiento es que aumenta la tolerancia al estiramiento.

Sin considerar los mecanismos biológicos responsables de las adaptaciones de la amplitud del movimiento articular a los ejercicios de estira-

miento, la mayoría de los estudios muestran que existe una mejora significativa de la flexibilidad con programas de entrenamiento de unas pocas semanas de duración y en los que figuren sólo unos pocos minutos de ejercicios efectivos de estiramiento.

## Factores externos y otros factores

Debido a que el calentamiento que precede al ejercicio provoca un gran número de respuestas fisiológicas, es apropiado revisar la relación entre la flexibilidad y la temperatura. El simple aumento de la temperatura corporal provocado artificialmente por motivos externos, como entrar en una sauna, no parece ser la causa de ningún importante aumento de la flexibilidad corporal. Sin embargo, el ejercicio físico provoca un incremento de la temperatura de las articulaciones y los músculos. Hamilton (1967), por ejemplo, mostró que existe un incremento substancial de la amplitud articular interfalángica proximal tanto con ejercicio pasivo como con la combinación de ejercicio y aplicación de calor local. La simple repetición de un ejercicio durante un determinado número de veces comporta un aumento de la movilidad para movimientos específicos (Fieldman 1966; Atha y Wheatley 1976; Frost, Stuckey y Dorman 1982; O'Driscoll y Tomenson 1982), aunque esto no se relacione necesariamente con el aumento de la temperatura en la zona. Atha y Wheatley (1976) tuvieron a un grupo de sujetos realizando 20 flexiones de tronco desde la posición sentada y midieron el alcance de sus brazos. Observaron una mejora de 4 cm entre la 1ª y la 10ª repetición, con una mejora proporcionalmente mayor en las repeticiones iniciales y una estabilización en las últimas, lo que sugiere que el efecto máximo ya había sido alcanzado.

La actividad física en general puede comportar un incremento agudo de la movilidad articular. Hubley, Kozey y Stanish (1984) describieron que los ejercicios estáticos o dinámicos producían una gran movilidad en la cadera. Los efectos favorables de una sesión de estiramientos permanecían hasta como mínimo 90 minutos (Moller et al. 1985a). Hay pruebas de que el calentamiento puede mejorar de un modo importante las diferencias de movilidad articular existentes entre

deportistas y no deportistas (Kirby et al. 1984) y entre los brazos “entrenados” y los “no entrenados” de los jugadores de tenis (Chinn, Priest y Kent 1974).

En resumen, en los individuos que mueven las articulaciones regularmente, el *calentamiento activo*, es decir, el realizado por la contracción muscular voluntaria, mejora la flexibilidad, mientras que los *agentes físicos* que incrementan la temperatura corporal, como los paquetes de calor local o las exposiciones en una sauna, tienden a no ser muy efectivos. Por tanto, antes de realizar una evaluación de la flexibilidad, hay que cuantificar y controlar cuidadosamente la intensidad, la duración y las características de la actividad física previa.

La flexibilidad puede mejorar mediante ejercicio (activo) o por factores físicos o externos (pasivos) capaces de inducir incrementos de las temperaturas articular o corporal.

Teóricamente, cabe presumir que hay otras variables que influyen o dependen de la flexibilidad. Se cree que el máximo grado de movimiento articular puede estar influido genéticamente, aunque esto es teórica y metodológicamente complejo de cuantificar. Datos recientes (Katzmarzyk et al. 2001) sugieren que el componente genético del grado de flexión del tronco es un 64%, más alto que el componente genético observado en tests de fuerza muscular y resistencia. Además, estos autores (Katzmarzyk et al. 2001) han observado un

importante papel de la herencia en los cambios de la flexibilidad a lo largo de los años. Parece claro que los distintos estándares raciales y étnicos dan lugar a diferentes valores, como promedio, de movilidad articular, aunque este aspecto, debido a las dificultades metodológicas y operativas, no se ha tratado todavía adecuadamente (Wright 1982).

Parece ser también que la flexibilidad está genéticamente influida, como es claramente evidente en algunos tipos de presentaciones clínicas de hipermovilidad y en la proclividad familiar para algunos deportes (natación sincronizada) y actuaciones físicas (contorsionismo). Los ciclos biológicos, como el circadiano, el menstrual y los ciclos gestacionales (Calguneri, Bird y Wright 1982), causan variaciones significativas en la temperatura corporal y en los niveles de algunas hormonas, hecho que afecta potencialmente a la laxitud ligamentosa, las propiedades viscoelásticas de los músculos y tendones y, por tanto, la flexibilidad corporal. Aunque algunas investigaciones (J.A. Smith 1956) no encontraron una relación significativa entre la flexibilidad (medida con tests lineales) y el aprendizaje motor, datos procedentes de nuestro grupo de investigación (Farinatti, Araújo y Vanfraechem 1997) sugieren que aprender a nadar es más fácil para los niños con un grado de movilidad mayor en los tobillos y hombros –los movimientos que son más importantes para nadar. Un análisis más detallado de la influencia de los distintos factores sobre la flexibilidad puede encontrarse en otro libro de Human Kinetics, *Science of Flexibility*, segunda edición (Alter 1996).

## Capítulo 2

# La flexibilidad en la salud y en la enfermedad

La flexibilidad es uno de los grandes componentes del fitness; es importante para realizar tanto los movimientos simples como los complejos, así como para la práctica deportiva, el mantenimiento de la salud y la actividad diaria completa (Cureton 1941; Holland 1968; Harris 1969b; Gersten et al. 1970; Bouchard et al. 1990; Pate et al. 1995; Rejeski, Brawley y Shumaker 1996; van Heuvelen et al. 1997; Fahey, Insel y Roth 1999). La flexibilidad (o los ejercicios de estiramientos) está hoy en día incorporada a casi todos los programas de ejercicios y ha sido especialmente recomendada tanto para las personas sanas como para las enfermas (Pate et al. 1995; Fletcher et al. 1996; ACSM 1998a; Pollock et al. 2000). A diferencia de otros componentes del fitness, no obstante, la relación entre el nivel de flexibilidad y la salud no es lineal ni directa –los extremos, tanto bajos como altos, pueden asociarse a morbilidad y a una peor calidad de vida. A esto se añaden los recientes datos longitudinales que han fallado en demostrar una relación entre la movilidad de la flexión del tronco y el riesgo de mortalidad en adultos (Katzmarzyk y Craig 2002).

### La flexibilidad en la práctica deportiva

Durante muchos años la flexibilidad ha estado asociada a una práctica excepcional dentro del deporte y la danza. A diferencia de otras variables del fitness como la potencia aeróbica máxima, no está claro que unos buenos niveles de flexibilidad o hipermovilidad predispongan al individuo a desarrollar patrones neuromusculares anormales (Russek 1999) y problemas musculoesqueléticos permanentes (Loudon, Goist y Loudon 1998). Por otro lado, la falta de flexibilidad y la correspondiente posibilidad de desarrollar dolores de espalda o una lesión crónica relacionada con la práctica deportiva han sido también investigadas

(Corbin 1984). Revisaremos el papel que la flexibilidad tiene en la salud, y trataremos aspectos relacionados con el mantenimiento de la salud y la práctica relacionada con el ejercicio.

### Actividades cotidianas

Recientemente las investigaciones se han reorientado desde los métodos deterministas que buscaban alcanzar unos niveles satisfactorios de flexibilidad corporal hasta la evaluación de la relevancia de la práctica regular de ejercicios de estiramientos. Lamentablemente, no hay datos evidentes que indiquen cuál es el nivel ideal de flexibilidad para un adulto no atleta. Investigaciones recientes han examinado la importancia de la amplitud del movimiento fisiológico en las acciones cotidianas –como caminar (Escalante, Lichtenstein y Hazuda 2001), permanecer en la posición sentada e incluso alzarse para coger un objeto de una estantería- para reflejar la autonomía y la independencia de un individuo (Rikli y Jones 1997). El análisis del papel de la flexibilidad –tanto estática como dinámica- en las actividades de la vida diaria debería ser multidisciplinario debido a que hace referencia a distintos aspectos, como la morfología, la fisiología, el fitness y el bienestar, la biomecánica y la ergonomía. La limitación de la movilidad articular, que aparece con los años como parte del proceso de envejecimiento, puede suponer grandes restricciones en la ejecución de algunos movimientos o incluso impedirlos. En un interesante estudio publicado hace aproximadamente una década en *Journal of Biomechanics*, Fleckenstein, Kirby y MacLeod (1988) observaron que cuando la flexión de la rodilla se limitaba a 75°, ponerse de pie desde la posición sentada sólo era posible si se acompañaba de un movimiento de balanceo de los brazos y la flexión del tronco. Sin embargo, el movimiento máximo, medido en newtons, fue casi el doble que el movimiento ejecutado por una persona sin la restricción de la fle-

ción de la rodilla, que pudo deteriorar de manera importante una articulación previamente lesionada o con una prótesis (Fleckenstein, Kirby y MacLeod 1988).

La mayoría de las actividades de la vida diaria requieren una combinación de movimientos complejos que implican la contracción coordinada de un gran número de grupos musculares y el movimiento combinado de muchas articulaciones (Knudson, Magnusson y McHugh 2000). Estas acciones pueden realizarse encadenando cierto número de combinaciones distintas de ángulos y movimientos articulares. Para alcanzar un objeto que está enfrente de nosotros, por ejemplo, y a una altura ligeramente por debajo de nuestras caderas, alteramos los ángulos de la columna vertebral, de la cadera, de las rodillas y los tobillos. Sin embargo, la amplitud del arco para cada uno de estos movimientos puede variar sustancialmente de un individuo a otro, e incluso de acuerdo con el sexo (Thomas, Corcos y Hasan 1998).

Las actividades cotidianas habituales en personas ancianas, como caminar o levantarse, pueden estar también limitadas por una reducción de la amplitud del movimiento de las articulaciones de las extremidades (Escalante et al. 1999; Escalante, Lichtenstein y Hazuda 1999, 2001). Escalante, Lichtenstein y Hazuda (2001) observaron que aproximadamente un 6% de la variación de la velocidad de la marcha puede explicarse por las diferencias en la flexión de la cadera y las rodillas. Recientemente Brach y VanSwearingen (2002) estudiaron a 83 individuos ancianos y encontraron que la capacidad para ponerse o quitarse una chaqueta está fuertemente relacionada con el grado de movilidad de los hombros, y que el caminar rápido y la zancada larga están relacionados con el rango de movilidad activo del tobillo. Por otro lado, Barrett y Smerdely (2002) no observaron ninguna mejora en la salud y la calidad de vida después de valorar un cuestionario específico llamado SF36, tras 10 semanas de entrenamiento bisemanal de estiramientos.

La limitación de la movilidad articular, que es parte del proceso de envejecimiento, puede incrementar el riesgo de caídas (Brach y VanSwearingen 2002), restringir significativamente la ejecución de algunos movimientos e impedir totalmente otros. Es posible que en un futuro próximo las investigaciones se centren en

el papel cualitativo y cuantitativo de la movilidad articular en la realización de las acciones más importantes de la vida cotidiana.

## El deporte y la danza

La idea de que unos niveles altos de flexibilidad son importantes para una ejecución superior en el deporte puede ser incorrecta, tal y como muestra la limitada y controvertida información disponible (Holland 1968; Travers y Evans 1976; Corbin 1984; Cureton 1941; Leighton 1957a, 1957b; Brodie, Bird y Wright 1982; Oberg et al 1984; Lee et al. 1989; Chandler et al. 1990; Craib et al. 1996; Decoster et al. 1997; Araújo 1999b; Nelson et al. 2001a; Jones 2002).

Desde los estudios preliminares de Cureton (1941) y Leighton (1957a y b), ha habido datos muy limitados para determinar efectivamente el papel de la flexibilidad en la práctica de los atletas de elite. La escasez de datos sobre este tema puede deberse a muchas razones, incluido el poco interés de los deportistas y los entrenadores y la falta de métodos estandarizados de valoración de la flexibilidad de acuerdo con los grupos de edad y el nivel de capacidad en los deportes. Otro factor que dificulta el estudio es que las expresiones *atleta* y *deporte de competición* tienen en realidad muchas posibilidades, engloban un abanico de deportes que va desde el tiro con arco hasta la gimnasia artística, que varía significativamente en términos de ejecución relativa a los perfiles del fitness. Los corredores de larga distancia, triatletas y nadadores, por ejemplo, inciden primordialmente en su potencia aeróbica máxima para alcanzar rendimientos excelentes, mientras que los levantadores de peso y los luchadores requieren una fuerza y una potencia muscular superiores y, los patinadores sobre hielo y las nadadoras sincronizadas necesitan unos niveles de flexibilidad extremadamente altos para realizar sus programas.

Los patrones específicos de movilidad articular en los atletas están asociados a las características biomecánicas y técnicas específicas de rendimiento motor de cada deporte determinado, o incluso a la posición ocupada (Leighton 1957a, 1957b; Nelson et al. 1983; Oberg et al. 1984; Chandler et al. 1990; Ellenbecker et al. 1996; Hahn et al. 1999; Rozzi et al. 1999). Nuestra expe-

riencia con la valoración de la flexibilidad en atletas de elite lo confirma, y hemos encontrado que en algunos casos particulares o deportes, se alcanzó una excelente actuación olímpica con unos niveles de flexibilidad medianos o por debajo del grupo de edad de los atletas (Araújo, Pereira y Farinatti 1998). Por otro lado, es posible que sean necesarios niveles muy altos de flexibilidad en atletas cuya modalidad deportiva requiere la aplicación de criterios subjetivos para valorar la gracia de la ejecución, como la gimnasia, el patinaje, el salto de trampolín y la natación sincronizada.

Es de reciente interés la posible existencia de una relación inversa entre la flexibilidad de las extremidades inferiores, particularmente del tobillo, y el rendimiento en la marcha y la carrera (Knudson, Magnusson y McHugh 2000). Gleim, Stachenfeld y Nicholas (1980) fueron los primeros en sugerir que unos niveles de flexibilidad entre bajos y normales estaban asociados a una alta economía de movimientos, cuantificada como la cantidad de oxígeno ingerido para una determinada velocidad en el caminar o en la carrera. Craib et al. (1996) confirmaron estos resultados y señalaron que las menores amplitudes del movimiento en la dorsiflexión del tobillo y la rotación lateral de la cadera estaban moderadamente correlacionadas con la economía de movimientos en una carrera de 10 minutos a 250 m/min, mientras que el grado de movilidad de la flexión del tronco no mostraba ninguna asociación. Por otro lado, Jones (2002) confirmó que la magnitud de la flexión anterior del tronco tiene una correlación significativa ( $r = 0,68$ ) con la captación de oxígeno en corredores experimentados que corren a 16 km/h, y sugirió que incluso las articulaciones que no están directamente implicadas en la carrera pueden ser relativamente hipoflexibles en los corredores. Así pues, ¿deberían los corredores evitar los ejercicios de estiramientos? Nelson et al. (2001b) trataron esta cuestión incierta mediante la aplicación de un programa de flexibilidad de 10 semanas a 32 corredores amateurs, y observaron que las mejoras en la flexión anterior del tronco (el único movimiento evaluado) no afectaba a la economía submáxima de la carrera. El conocimiento actual sustenta que de algún modo los bajos niveles de movilidad de las extremidades inferiores, y quizá de la flexión anterior del tronco, son beneficiosos para la economía del movimiento de la marcha y la carrera, y

que los programas de estiramientos no perjudican los requerimientos submáximos de energía para dichas actividades. Sin embargo, aunque de algún modo una movilidad deficiente del tobillo puede ser ventajosa para la economía de la carrera, puede también predisponer a las atletas universitarias (que no hayan tenido hijos) a una mayor prevalencia de la incontinencia urinaria debido a las diferencias del sentido de las fuerzas de impacto transmitidas al suelo pélvico durante el ejercicio (Nygaard, Glowacki y Saltzman 1996).

Un área de reciente y renovado interés son los efectos de los ejercicios de estiramiento en la práctica física. Se ha demostrado que una intensa sesión de estiramientos pasivos de los flexores plantares puede reducir sustancialmente la fuerza isométrica durante más de 1 hora. Este tipo de ejercicio no incrementa específicamente la síntesis de proteínas musculares y, sin embargo, no es un estímulo para la hipertrofia muscular asociada al entrenamiento de la resistencia (Fowles, Sale y MacDougall 2000; Fowles et al. 2000; Nelson y Kokkonen 2001; Nelson et al. 2001b). Por añadidura, Church et al. (2001) encontraron que una rutina específica de flexibilidad estaba correlacionada con una reducción de los resultados del test del salto vertical de 40 mujeres jóvenes. Las investigaciones están tan sólo empezando a explorar los mecanismos de los efectos de corta duración de los ejercicios de flexibilidad realizados inmediatamente antes de una práctica física (Cornwell, Nelson y Sidaway 2002). Estos resultados sugieren que en ciertas circunstancias, los ejercicios de flexibilidad podrían afectar al rendimiento físico de los atletas.

Parecido a los atletas en el deporte, los bailarines pueden también tener un óptimo perfil de flexibilidad que les permite una mejor actuación y una disminución del riesgo de lesión. Los bailarines, en general, deben mostrar gracia en su actuación, lo que exige la moderación de altos niveles de flexibilidad estática y dinámica. Cuando Grahame y Jenkins (1972) compararon la flexibilidad de 53 estudiantes del London Royal Ballet School con la de estudiantes de enfermería, confirmaron que la movilidad de las bailarinas de ballet era significativamente superior, especialmente en la flexión anterior del tronco. Estos resultados fueron más tarde repetidos en una escuela de danza de Sudáfrica por Klemp y

Learmonth (1984), quienes verificaron que, si excluían los datos sobre la flexión del tronco –el máximo grado de movilidad que se puede alcanzar con entrenamiento–, prácticamente desaparecían las diferencias entre el grupo de control y el grupo de bailarinas. En estudios posteriores, Klemp y Chalton (1989) encontraron que después de un período de 4 años de entrenamiento de ballet, la mayoría de las bailarinas tenían más movilidad en la flexión del tronco, lo que confirmaba la asociación entre el entrenamiento específico y la mayor movilidad adquirida en la flexión del tronco, aunque no encontraron ninguna relación entre la mejora del rendimiento y la generalizada mayor movilidad. Añadido al incremento de la flexión del tronco, un gran número de posiciones clásicas del ballet requieren grados de movilidad amplios, particularmente en la articulación de la cadera (Reid et al. 1987; Gilbert, Gross y Klug 1998). Los perfiles típicos de flexibilidad corporal –en particular, una mayor rotación lateral de la cadera– existen tanto para estudiantes de ballet como para bailarines más experimentados (Khan et al. 1997; Khan et al. 2000; Bennell et al. 2001).

Datos recientes disponibles indican que las bailarinas no muestran una hiperflexibilidad global, pero son posiblemente quienes presentan unos mayores grados de movilidad localizada en ciertos movimientos de su actuación. Son necesarios estudios sobre la flexibilidad de bailarines y atletas de diferentes niveles para ampliar nuestros conocimientos y establecer unas conclusiones más definitivas y unas implicaciones más prácticas.

## La flexibilidad en la enfermedad

Hasta ahora hemos revisado las formas en que la flexibilidad está relacionada con la salud y la práctica deportiva; en esta sección se explorará el papel de la flexibilidad en condiciones delicadas. Una gran cantidad de conocimientos científicos sobre aspectos clínicos de movilidad articular se han ido acumulando en las últimas décadas (Dunham 1949; Carter y Sweetnam 1960; Beighton y Hóran 1970; Rosenbloom et al. 1981; Pitcher y Grahame 1982; American Academy of Pediatrics 1984; Campbell et al. 1985; Handler et al. 1985; Bridges, Smith y Reid 1992; Westling y

Mattiason 1992; Gedalia et al. 1993; Grahame 1999; Jessee, Owen y Sagar 1980; Lewkonía y Ansell 1983; Mikkelsson, Salminen y Kautiainen 1996; Noyes et al. 1980). Tanto los niveles bajos de flexibilidad general, como los altos, que a veces representan simples variaciones de la normalidad (Jessee, Owen y Sagar 1980), han sido asociados a enfermedades o a situaciones clínicas específicas (American Academy of Pediatrics 1984; Beighton y Hóran 1969; Campbell et al. 1985; Handler et al. 1985; Lewkonía y Ansell 1983; Westling y Mattiason 1992), y la evaluación de la flexibilidad podría tener un papel importante en el examen clínico de los individuos (Bird, Brodie y Wright 1979; Bridges, Smith y Reid 1992; Carter y Sweetnam 1960; Dunham 1949; Noyes et al. 1980; Rosenbloom et al. 1981). Estos extremos de flexibilidad se han denominado *hipermovilidad* e *hipomovilidad*, y se expondrán separadamente en los siguientes subapartados.

Los rangos extremos de movilidad se denominan *hipomovilidad* e *hipermovilidad*, respectivamente, para arcos de movimiento reducidos y amplios. Aunque estos términos a menudo se utilizan para describir la flexibilidad general, también pueden emplearse para movimientos articulares específicos.

## La hiperactividad

El fenómeno de la hiperactividad y su naturaleza hereditaria fueron percibidos hace ya mucho tiempo, como se evidencia en pinturas de Rubens, Grünewald y Traversi, desde el siglo XV al XVIII (Dequeker 2001). Key (1927) describió que la movilidad es de naturaleza hereditaria y está caracterizada por una extrema movilidad articular (figura 2.1). Detectó también que la mayoría de los individuos con hiperactividad no deberían considerarse anormales, sino preferiblemente poseedores de unas características anatómicas poco comunes. Desde entonces, el empleo del término *flexibilidad* ha sido bastante habitual en el campo médico, sobre todo en reumatología y áreas relacionadas.

El término *síndrome de hiperactividad* fue probablemente utilizado por primera vez por el Dr.



**Figura 2.1** Hiper movilidad

J.A. Kirk y colegas en junio de 1967, en un artículo publicado en *Annals of the Rheumatic Diseases* (Kirk, Ansell y Bywaters 1967). Posteriormente, muchos autores lo utilizaron en un sentido médico (Wood 1971; Wynne-Davies 1971; Scharf y Nahir 1982; Biro, Gewanter y Baum 1983), y algunos incluyeron el término *benigno* (Jessee, Owen y Sagar 1980; Grahame y Bird 2001). La llamada nosología de Berlín (Grahame 1999; Russek 1999) ha propuesto el término *síndrome de hiper movilidad articular familiar* para subrayar el componente genético, pero este uso no está difundido.

Aunque no existe ningún consenso sobre los criterios diagnósticos médicos para la hiper movilidad, el enfoque de Klemp (1997) parece válido (véase la exposición de Beighton-Hóran en el capítulo 3 en la página 44). En los adultos con síndrome de hiper movilidad están presentes unos niveles séricos anormalmente altos de la hormona del crecimiento, de insulina y de IGF-1, y si esto se confirma, su medición puede ser una posibilidad interesante para establecer un diagnóstico de laboratorio (Denko y Boja 2001). Aunque la presencia de hiper movilidad es típicamente benigna y el pronóstico es, por tanto, bastante favorable, es a menudo el único signo externo de enfermedades médicas complejas, particularmente los síndro-

mes de Ehlers-Danlos y Marfan (Grahame 2000c). El síndrome de Marfan está asociado frecuentemente con la muerte súbita durante el ejercicio físico (Maron et al. 1996), un hecho que incrementa la importancia de establecer un diagnóstico diferencial.

La prevalencia de la hiper movilidad depende del criterio utilizado para caracterizarla. A pesar de las diferencias metodológicas en los distintos estudios, la hiper movilidad es un hallazgo bastante frecuente, que comprende entre el 1 y el 35% de la población (Forleo et al. 1993; Decoster et al. 1997; Grahame 1999; Russek 1999; Seow, Chiow y

Khong 1999; Duró y Vega 2000). Las prevalencias de la hiper movilidad y la hiper laxitud ligamentosa demuestran unos componentes hereditarios (Sturkie 1941; Carter y Sweetnam 1960; Wynne-Davies 1970) y poligénicos (Grahame 1999), la mayoría dominantes (Beighton y Hóran 1970; Russek 1999; Martin e Ives 2002), pero a veces recesivos (Hóran y Beighton 1973). Existen claras diferencias étnicas (Beighton, Solomon y Soskolne 1973; Wordsworth et al. 1987; Forleo et al. 1993; Birrell et al. 1994; Mikkelsen, Salminen y Kautiainen 1996; Rikken-Bultman et al. 1997; El-Garf, Mahmoud y Mahgoub 1998; Seow, Chiow y Khong 1999; Verhoeven, Tuinman y Van Dongen 1999; Vougiouka, Moustaki y Tsanaktsi 2000), y las prevalencias tienden a ser superiores en las mujeres y a disminuir con la edad en los adultos (Beighton, Solomon y Soskolne 1973; Dungy y Leupp 1984; Larsson, Baum y Mudholkar 1987; Mikkelsen, Salminen y Kautiainen 1996; Decoster y col. 1997; El-Garf, Mahmoud y Mahgoub 1998; Qvindelands y Jónsson 1999), después de alcanzar sus máximos a la edad de dos a tres años (Wynne-Davies 1970). La hiper movilidad puede verse también en sólo un movimiento articular, p. ej., *genu recurvatum* (Loudon, Goist y Loudon 1998), en unas pocas articulaciones (referido como *pauci-articular* cuando es en menos de

cinco articulaciones), o ser de una naturaleza más general (Grahame 1999).

Considerando la relativamente alta prevalencia de la hiper movilidad articular y el interés médico en establecer relaciones entre signos y síndromes, no es un milagro que numerosos estudios sobre la hiper movilidad hayan sido relacionados con otras características o situaciones médicas. Se publicó un gran número de documentos sobre este tema desde finales de los años 1960 hasta principios de los años 1980. Sin embargo, probablemente a causa de las dificultades en establecer un diagnóstico etiológico y proporcionar un tratamiento adecuado para los individuos hiper móviles, el interés decayó. Más recientemente, la atención hacia el tema ha aumentado debido a la identificación de otras asociaciones e implicaciones médicas. A pesar del renovado interés, esta entidad médica es todavía relativamente desconocida y descuidada, incluso por los reumatólogos (Grahame y Bird 2001) y particularmente por quienes trabajan en los ámbitos de la ortopedia, la medicina física y la terapia física (Russek 1999). Esto causa mucho sufrimiento y angustia a la gente que padece hiper movilidad articular (Grahame 2000b), muchos de los cuales son considerados hipocondríacos (Russek 1999). Para una detallada exposición del tema, consúltese los excelentes artículos de revisión publicados por los Drs. Rodney Grahame y Patrick Klemp (Klemp 1997; Grahame 1999, 2000a, 2001).

Sutro (1947) describió cinco casos de extrema movilidad articular y sugirió que la hiper extensibilidad de los tejidos ligamentosos y capsulares es responsable de la hiper movilidad. Esta conclusión es todavía válida, porque se cree que el síndrome de hiper movilidad articular benigna está causado por la excesiva laxitud ligamentosa asociada a las alteraciones de los genes responsables de la síntesis de tres proteínas: el colágeno, la elastina y la fibrilina (Grahame 1999). La *hiper movilidad benigna*, entendida como el primero de una amplia lista de cambios que tienen lugar en el tejido conectivo, es una forma de disfunción adquirida genéticamente (Grahame 1999, 2001). Desde el punto de vista médico, la superposición de características dentro de este abanico es amplia, de modo que la distinción entre síndrome de hiper

movilidad benigna y síndrome Ehlers-Danlos de tipo III es mínima, si es que existe. La hiper movilidad es inusual en individuos con Ehlers-Danlos tipo IV, que es denominado la forma vascular por su alto riesgo de rotura vascular y vasos viscerales, y se caracteriza por una mutación del gen protocolágeno de tipo III (Pepin et al. 2000). Por otro lado, la hiper movilidad es una característica importante en algunos otros tipos de síndrome Ehlers-Danlos.

No se han encontrado diferencias en la absorción pasiva de energía para un determinado ángulo de movimiento articular submáximo en mujeres con y sin hiper movilidad general (Magnusson et al. 2001). Estos datos sugieren que las propiedades pasivas de una unidad musculotendinosa no son diferentes por sus condiciones y que la mayor flexibilidad de las mujeres hiper móviles no está causada por los cambios de las propiedades fisiológicas de la unidad (Magnusson et al. 2001).

Se han realizado investigaciones dentro de las bases de la genética del síndrome de hiper movilidad articular benigna, pero los lugares y las mutaciones que causan la hiper laxitud ligamentosa no han sido todavía definidos (Grahame 1999). El síndrome es bastante poligénico y afecta a las estructuras de tipo I y III de las moléculas de colágeno, con una proporción relativamente superior del tipo III (Russek 1999; Grahame 2000c). Datos recientes sugieren que una anomalía en la región q24-26 del cromosoma 15 puede relacionarse con la hiper laxitud articular y los trastornos psiquiátricos a menudo demostrados por esos individuos (Gratacos y col. 2001).

La hiper movilidad puede causar un gran número de síntomas inespecíficos, que implican problemas psicosociales y a menudo afectan significativamente a la calidad de vida de quienes la presentan (Grahame 2000c). La hiper movilidad implica eventualmente artralgia, dolor de espalda, y torceduras y luxaciones frecuentes (Nef y Gerber 1998). Esta sección del capítulo 2 está dirigida a los principales aspectos clínicos de la hiper movilidad articular –la cual está determinada más frecuentemente por los tests de hiper laxitud ligamentosa–, incluida su asociación con los cambios músculoesqueléticos y el prolapso de válvula mitral.

## Trastornos musculoesqueléticos

La hiper movilidad presenta a menudo un gran abanico de rasgos histológicos y fisiológicos, incluidos los cambios en la composición y en las propiedades físicas de las proteínas del tejido conectivo y algunas influencias neurofisiológicas indeterminadas, como la reducción de la agudeza propioceptiva articular, el aumento nociceptivo y una alta tendencia hacia la depresión (Grahame 2001). Estos rasgos, detectados particularmente en niños y adolescentes, han llevado a muchos autores a estudiar la asociación entre la hiper movilidad articular y los síntomas musculoesqueléticos y articulares (Carter y Sweetnam 1958; Kirk, Ansell y Bywaters 1967; Finsterbush y Pogrund 1982; De Inocencio 1998; Hudson et al. 1998; Mikkelsson et al. 1998; Goldman 2001).

Cuando Kirk, Ansell y Bywaters (1967) informaron de la existencia de una relación entre las molestias musculoesqueléticas y la presencia de hiper movilidad general, establecieron las bases para el síndrome de hiper movilidad. Finsterbush y Pogrund (1982) observaron que entre los individuos hiper móviles, un 42% presentaba algunas molestias moderadas o síntomas musculoesqueléticos difusos. La mayoría tenían molestias multiarticulares y las más frecuentes implicaban los pies y las rodillas. Es todavía más interesante que únicamente el 10% de los individuos negara cualquier síntoma musculoesquelético, presentándose sólo con escoliosis. Acasuso-Díaz, Collantes-Esteves y Sanchez-Guijo (1993), mientras investigaban a jóvenes soldados, mostraron que quienes tenían mayor laxitud ligamentosa eran más propensos a sufrir lesiones de tobillo después de 2 meses de entrenamiento militar.

Los niños y los adolescentes presentan frecuentemente dolores leves o de mediana intensidad en articulaciones y músculos que son generalmente difíciles de clasificar, son intermitentes, pueden ser localizados o más difusos, y bastante a menudo tienden a moverse a lo largo del cuerpo (Mikkelsson et al. 1998). Es necesario diferenciar clínicamente una situación reumática o artrítica crónica de una situación en la que predomine la hiper movilidad (Scharf y Nahir 1982; Lewkonja y Ansell 1983; Gedalia et al. 1985; Grahame 1999).

Rara vez es posible establecer un diagnóstico clínico del síndrome de Ehlers-Danlos cuando manifestaciones de una hiper laxitud extrema, particularmente en las articulaciones de manos y muñecas, se presentan con anomalías de hiper extensibilidad y fragilidad de la piel (Kornberg y Aulicino 1985). Aunque algunos autores sugieren que la hiper movilidad tiene un papel etiológico en el dolor musculoesquelético en niños y adolescentes (Gedalia et al. 1993), esto no se ha podido demostrar sistemáticamente en grandes muestras. Otros autores creen que estas molestias están causadas, como mínimo en parte, por trastornos psicósomáticos (Mikkelsson et al. 1998) y por un traumatismo directo o una lesión por uso excesivo (De Inocencio 1998).

La hiper movilidad está también asociada a la fibromialgia. Hudson et al. (1998) confirmaron que la hiper movilidad general es más habitual en pacientes con alteraciones reumáticas de los tejidos blandos, incluida la fibromialgia. Corroborando estos descubrimientos, Acasuso-Díaz y Colantes-Estevez (1998) investigaron a 133 mujeres españolas adultas y encontraron que la frecuencia de hiper movilidad era, como mínimo, dos veces superior en las que tenían criterios de diagnósticos para la fibromialgia, evidenciando que la hiper laxitud ligamentosa podría tener un importante papel en la patogenia del dolor en la fibromialgia. Por otro lado, Karaaslan, Haznedaroglu y Ozturk (2000) cuestionaron estos datos y sugirieron que la hiper movilidad no era efectivamente mayor en pacientes con criterios definitivos para la fibromialgia, sino únicamente en pacientes que tenían criterios parciales para la fibromialgia y presentaban un dolor muscular general. Es posible que las contradicciones entre los diferentes estudios sean debidas al sesgo de la selección de las poblaciones investigadas, y todavía no existe ningún estudio prospectivo y aleatorizado para responder definitivamente a estas cuestiones.

La hiper laxitud ligamentosa se identifica por la excesiva movilidad de las articulaciones en las que los tendones y ligamentos tienen un papel importante para limitar la amplitud del movimiento.

Al-Rawi y Nessian (1997) demostraron que la condromalacia rotuliana era al menos cuatro veces

más frecuente en pacientes, especialmente mujeres, con hiper movilidad de la rodilla, lo que sugiere un papel etiológico para esta dolencia. Existen también datos sobre el hecho que la osteoartritis y la condrocalcinosis pueden ser complicaciones tardías en articulaciones extremadamente móviles (Bird, Tribe y Bacon 1978). Más recientemente, Punzi et al. (2001) describieron que la hiper movilidad era un signo habitual en sus pacientes femeninas con artritis reumática. Además, la hiper laxitud ligamentosa se ha encontrado a menudo en individuos con escoliosis idiopática (Veliskasis 1973) y en aquellos, particularmente mujeres, que buscaban clínicas especializadas para corregir defectos congénitos de las extremidades (Hassoon y Kulkarni 2002).

Parece haber una asociación moderada entre la hiper movilidad articular general y localizada y la existencia de entidades clínicas musculoesqueléticas y articulares (Wynne-Davies 1970). Se debería realizar el diagnóstico diferencial, incluidos datos de laboratorio, en los casos de hiper movilidad articular e hiper laxitud ligamentosa para descartar la posibilidad de trastornos reumáticos. La identificación temprana de hiper movilidad articular puede contribuir a un mejor planteamiento terapéutico y a una prescripción de ejercicio más adecuada (Grahame 2001). Así pues, parece apropiado incluir tests bien estandarizados sobre movilidad articular en la valoración clínica de niños y adultos con molestias musculoesqueléticas inespecíficas, particularmente en las mujeres y en las personas en quienes no se puede identificar fácilmente una razón etiológica.

## Prolapso de la válvula mitral y otros trastornos cardiovasculares

Los individuos con hiper movilidad articular pueden presentar alteraciones del tejido conectivo no solo en las estructuras implicadas directamente en la locomoción, sino también en otros sistemas corporales. Por tanto, parece apropiado revisar las conexiones entre la hiper movilidad articular y las estructuras anormales del sistema cardiovascular.

Entre las alteraciones estructurales del corazón, la más frecuente es el prolapso de la válvula

mitral, con una prevalencia del 1 al 5% de la población adulta. El prolapso de la válvula mitral, que es más frecuente en mujeres, puede ser definido como una protrusión anómala, durante la sístole ventricular, de una o dos hojas valvulares mitrales dentro de la aurícula. Esto ocurre por una excesiva elasticidad de las hojas o de uno de sus componentes tendinosos y tiene un claro componente genético. En la mayoría de los individuos, no se produce reflujo ni síntomas significativos, y el pronóstico clínico es excelente.

Debido a que los cambios del colágeno son característicos de ambas entidades médicas (Malcolm 1985), es bastante razonable creer que los individuos con prolapso mitral serían típicamente hiper flexibles. La población de bailarines de ballet, entre la cual existe una alta predisposición a la hiper movilidad articular y a la hiper laxitud ligamentosa (Grahame y Jenkins 1972) es un modelo adecuado para estudiar la relación entre la hiper movilidad articular y el prolapso de la válvula mitral. Aunque Klemp y Learmonth (1984) no encontraron casos de prolapso de la válvula mitral en un grupo de hombres y mujeres bailarines de ballet, Cohen et al. (1987) encontraron una prevalencia muy alta del 42% en una población de 44 mujeres bailarinas profesionales de ballet. Esta diferencia puede explicarse por la inclusión que Klemp y Learmonth hicieron de los hombres, que son menos propensos a sufrir este trastorno, y por la relativamente baja prevalencia de hiper movilidad de su grupo (menos del 10%). Se utilizaron también distintos criterios para identificar la presencia de prolapso de la válvula mitral.

Marks et al. (1983) no encontraron hiper movilidad entre hombres y mujeres adultos con prolapso mitral, pero otros investigadores sí observaron importantes relaciones entre las dos entidades clínicas (Grahame et al. 1981; Pitcher y Grahame 1982; Handler et al. 1985; Rajapaske et al. 1987; Ondrasik et al. 1988; Rodriguez et al. 1991; Bulbena et al. 1993). La incidencia de prolapso mitral en individuos hiper flexibles es de 2 a 10 veces superior que en individuos de la misma edad sin hiper movilidad, alcanzando hasta un 30% de la muestra (Grahame et al. 1981; Russek 1999). Muchos de estos individuos también presentan síntomas musculoesqueléticos que podrían pasar desapercibidos en una valoración estrictamente cardiovascular (Ondrasik et al. 1988). Por

nuestra experiencia (Chaves, Araújo y Araújo 2001), la presencia de signos de hiperlaxitud ligamentosa fue de cuatro a cinco veces más frecuente en mujeres con prolapso de la válvula mitral, que tendían a ser más flexibles en la mayoría de los principales movimientos articulares.

Uno de los trastornos cardiovasculares con más riesgo de muerte en el que el prolapso de la válvula mitral es prominente y común, es el síndrome de Marfan. En este síndrome, que es un trastorno del tejido conectivo autosómico dominante, se produce una mutación del gen fibrilina-1 que codifica para la fibrilina un importante componente de las microfibrillas extracelulares. Su prevalencia es aproximadamente 1 por cada 10.000 individuos. Los individuos con el síndrome de Marfan tienen un alto riesgo de disección o rotura aórtica, que es a menudo fatal y contribuye a una baja esperanza de vida media de 32 años en los casos sin tratar (Nienaber y Von Kodolitsch 1999). En este síndrome, la hipermovilidad tiene un papel importante. Grahame y Pyeritz (1995) investigaron a 27 niños y a 48 adultos que tenían un diagnóstico establecido de síndrome de Marfan, y confirmaron la existencia de hiperextensibilidad articular en un 85% de los casos. La frecuencia de la hipermovilidad disminuye gradualmente con la edad. Los casos de síndrome de Marfan en los que la hipermovilidad extrema es la principal característica clínica son bastante raros (Walker, Beighton y Murdoch 1969).

Estos estudios muestran la importancia de utilizar un enfoque multidisciplinario para valorar la relación entre la hipermovilidad articular y los cambios estructurales cardiovasculares. Por ejemplo, ante la presencia o la sospecha de prolapso mitral y sus síntomas típicos –taquicardia, palpitaciones, ansiedad y dificultad respiratoria– es clínicamente relevante aplicar tests de medición de la movilidad articular y la hiperlaxitud ligamentosa.

## Otros estados hiper móviles

Se han realizado otros tipos de asociaciones –algunas incluso accidentalmente– entre la hipermovilidad articular y entidades clínicas específicas. A veces es posible establecer relaciones en estas entidades con cambios del tejido conectivo, pero otras veces los mecanismos son desconocidos y es difícil, o incluso imposible, establecer relaciones de causa y efecto.

Parece ser que algunas alteraciones cromosómicas predisponen a la hiperlaxitud ligamentosa y a la hipermovilidad articular. Baughman et al. (1974), por ejemplo, confirmaron que el ángulo de carga (o ángulo cubital) alcanzaba el máximo con el fenotipo XO y el mínimo con cromosomas extranumerarios X o Y. De acuerdo con Biro, Gewanter y Baum (1983), las personas con trisomía del cromosoma 21 (síndrome de Down) pueden presentar también hipermovilidad. Los niños con síndrome de Down tienden a ser más flexibles que otros niños de su misma edad (Semine et al. 1978; Parker y James 1985), aunque los casos de hiperlaxitud ligamentosa extrema son infrecuentes (Livingstone y Hirst 1986). Además, estos individuos parecen presentar inestabilidad de la columna cervical, particularmente de la articulación atlantoaxial (Semine et al. 1978), que tiende a ser asintomática. Este problema condujo a la American Academy of Pediatrics Committee on Sports Medicine (1984) a recomendar que los niños o adolescentes con síndrome de Down que practicaran un deporte que comportara un riesgo de traumatismo o de lesión en la cabeza o en el cuello, fueran sometidos a una valoración clínica y radiológica antes de que se les permitiera practicar esos deportes.

La hipermovilidad –específicamente, los cambios en la posición de la cadera y la relajación de los ligamentos pélvicos– es habitual en el embarazo (Abramson, Roberts y Wilson 1934). Estos cambios vienen causados por la hormona relaxina, cuyos niveles séricos aumentan diez veces a lo largo de las cuatro últimas semanas de embarazo (Calguneri, Bird y Wright 1982). Estos autores encontraron la más alta extensibilidad de la articulación metacarpofalángica durante la segunda mitad del embarazo en comparación con la de las primeras semanas después del parto (Calguneri, Bird y Wright 1982), similar a los datos de Dumas y Reid (1997) sobre laxitud de los ligamentos de la rodilla. También relacionado con el embarazo, un estudio piloto prospectivo reciente (Tincello, Adams y Richmond 2002) valoró si las mediciones de la movilidad articular realizadas en mujeres embarazadas primíparas podían predecir la incidencia de la incontinencia urinaria después del parto. Los autores observaron que aunque las puntuaciones para la hipermovilidad general no fueron útiles para su propósito, la

valoración de la presencia o ausencia de hiperextensión del codo tuvo un 75- 80% de sensibilidad y especificidad, y unos valores predictivos positivos del 14% y negativos del 99%. De acuerdo con las conclusiones de los autores, es todavía demasiado pronto para juzgar el mérito médico de la valoración rutinaria de la movilidad del codo en los tests prenatales; sin embargo, ésta es actualmente una posibilidad muy atractiva.

Durante más de 20 años, Al-Rawi ha estudiado a mujeres con prolapso uterino o vaginal, la mitad de las cuales habían dado a luz en casa y no habían tenido reposo postnatal. La prevalencia de hiper movilidad general fue como mínimo de tres veces superior en estas mujeres que en los miembros del grupo de control, quienes no tuvieron prolapso genital (Al-Rawi y Al-Rawi 1982). Norton et al. (1995) indicaron que las distintas formas de prolapso genitourinario eran, como mínimo, dos veces más habituales en mujeres con hiper movilidad articular general. Los análisis de McIntosh et al. (1996) de las mediciones angulares de flexibilidad en diversas articulaciones de mujeres con distintos tipos del síndrome de Ehlers-Danlos mostraron que la hiper movilidad se correlacionaba con el prolapso del suelo pélvico. El estudio reveló también una asociación significativa y directa entre las mediciones del grado de movilidad de la articulación de la muñeca y la presencia de incontinencia urinaria.

Otra área de interés es la relación entre la hiper movilidad y los síntomas o entidades psiquiátricas. Bulbena et al. (1993) encontraron que las fobias y el síndrome de ansiedad eran muy habituales en pacientes hiper flexibles, con una extraña relación de 10:7; ésta es una relación muy superior a la esperada para la concurrencia de ansiedad y prolapso de la válvula mitral. En un estudio posterior por el mismo grupo (Martin-Santos et al. 1998) la prevalencia de síndrome de hiper movilidad en individuos con trastornos de ansiedad fue del 67%. Estos autores aportaron también muestras de que los pacientes con ansiedad relevante médicamente tenían 16 veces más predisposición a ser hiper móviles que los individuos sin ansiedad (Martin-Santos et al. 1998), lo que sugería la existencia de una predisposición constitucional de estas afecciones médicas a ser asociadas una con otra. Datos posteriores sugieren que las mutaciones del cromosoma 15q pueden

estar asociadas a la angustia, la ansiedad y a los procesos de hiper movilidad articular (Ewald, Rosenberg y Mors 2001).

En la bibliografía de los diferentes campos de la medicina y ciencias de la salud salen periódicamente a la luz nuevas asociaciones entre la hiper movilidad y casos clínicos. Kaplinski et al. (1998) encontraron que la hiper flexibilidad del dedo pulgar puede estar asociada a una moderada tendencia a sangrar. De Felice et al. (2001) identificaron una correlación entre la movilidad articular y la historia de estenosis hipertrófica pilórica en la infancia. Además, Hall et al. (1995) encontraron que los sujetos hiper móviles tienen una respuesta propioceptiva mala, lo cual puede estar relacionado con su incrementado riesgo de lesiones de sobreextensión de la rodilla.

Es probable que el creciente interés por el campo de la flexibilidad, particularmente por la medición y valoración de la movilidad articular, permita a otros grupos de investigación que aporten nuevas, interesantes y relevantes asociaciones médicas con la hiper movilidad.

## La hipomovilidad

En oposición a los síndromes de hiper movilidad descritos en el apartado anterior, existen casos clínicos en los que la limitación de la amplitud del movimiento representa un importante descubrimiento (Rosenbloom et al. 1981; Campbell et al. 1985; Len et al. 1999). Se debe señalar que la hipomovilidad (figura 2.2) tal y como se menciona en este texto, difiere conceptualmente de la degradación fisiológica propia del envejecimiento.

La hipomovilidad ha sido vista en distintos tipos de estados patológicos como dolor lumbar (Bach et al. 1985; Lankhorst, van De Stadt y van Der Korst 1985; Ellison, Rose y Sahrman 1990; Kujala et al. 1997; Harreby et al. 1999), la espon dilolisis (Phelps y Dickson 1961), secuelas postictus (Bressel y McNair 2002), diabetes mellitus (Kennedy et al. 1982; Rosenbloom et al. 1983, 1984; Campbell et al. 1985; Pal et al. 1987; Arkkila, Kantola y Viikari 1997) y diabetes insípida (Fitzgerald, Greally y Drury 1978). Aquí se revisarán las principales entidades clínicas en las que la hipomovilidad es una característica relevante.

## Dolor lumbar

El dolor lumbar es extremadamente frecuente en los adultos, y cuando se les pregunta, la mayoría describen haberlo sufrido como mínimo una vez. Debido a que el dolor lumbar crónico está siempre relacionado con la vida adulta, Feldman et al. (2001) estudiaron una gran muestra de adolescentes canadienses y encontraron que el acortamiento de los tendones de los isquiotibiales es un factor de riesgo para el desarrollo del dolor de espalda años después. A pesar de que la mayoría de los casos de lumbalgia son autolimitados y de ligera a moderada intensidad, en ocasiones el dolor es lo suficientemente grave como para producir una invalidez física significativa.

El intento de relacionar la lumbalgia, uno de los problemas más importantes de salud pública, con la hipomovilidad del tronco y de los isquiotibiales es bastante antiguo, y en realidad, muchos de los protocolos de valoración de la flexibilidad están basados en esta premisa. Sin embargo, existen todavía algunas controversias sobre la cuestión (Kirby et al. 1984; Bach et al. 1985; Ellison, Rose y

Sahrmann 1990). Teóricamente, las personas con arcos de movimiento restringidos en la zona baja del tronco y en los isquiotibiales tendrían más propensión a la compresión o lesión de las raíces nerviosas procedentes de la columna durante los movimientos espontáneos o intensivos. Por otro lado, una amplitud del movimiento articular anormalmente amplia en la región lumbar podría también incrementar la propensión a lesiones similares.

Aunque esta relación está lejos de ser dilucidada, algunos estudios han aportado datos interesantes. Ellison, Rose y Sahrmann (1990) detectaron que la asimetría entre la rotación medial y lateral de la cadera puede ser más importante etiológicamente que la verdadera hipomovilidad. De entre 150 individuos, aquellos que mostraban un grado de movilidad superior en la rotación lateral de la cadera que en la medial, eran más propensos a presentar disfunciones lumbares. Kujala et al. (1997) realizaron un seguimiento longitudinal de la movilidad lumbar y de la epidemiología de la lumbalgia durante la adolescencia y encontraron que las personas situadas en la escala más baja de la máxima extensión lumbar eran de tres a cuatro veces más propensas a desarrollar molestias lumbares en un período de 3 años que las situadas en las escalas superiores. Estos datos contradicen aparentemente los resultados previos (Kirby et al. 1984) que describían que las gimnastas femeninas con molestias lumbares tenían más capacidad para tocarse los dedos de los pies que las que no presentaban esos síntomas.

Después de revisar la bibliografía, parece que la relación entre la flexibilidad y el dolor lumbar podría tener un patrón bifásico o de tipo U, en el que tanto la hipomovilidad como la hipermovilidad pueden comportar la aparición de dolores lumbares. Esto puede explicar por qué tanto los sujetos sedentarios como los gimnastas –más probablemente por mecanismos distintos– pueden presentar síntomas parecidos. Es incluso posible que la movilidad de la columna lumbar no sea una causa del dolor lumbar, de acuerdo con los datos procedentes de un estudio de Nattrass et al. (1999). Si esta interpretación sostiene la verdad, se podría incluso explicar por qué en un extenso estudio de casi 3.000 adultos (Jackson et al. 1998) con niveles de flexibilidad entre bajos a altos, se ha encontrado que el test de flexibilidad clásico –*sit-and-reach*– no predice el dolor lumbar, puesto



**Figura 2.2** Hipomovilidad.

que la determinación de los datos bifásicos aporta un coeficiente de correlación muy bajo.

En resumen, la hipomovilidad y el dolor lumbar están a menudo conectados. A pesar de que este descubrimiento es acertado en muchos casos, la conexión puede ser inapropiada etiológicamente porque el dolor lumbar ha sido también asociado a la hipermovilidad (Sutro 1947). Un estudio intervencional interesante (Lankhorst, Van De Stadt y Van Der Korst 1985) investigó a 31 pacientes con dolor lumbar idiopático, quienes mejoraron sintomatológicamente cuando su movilidad lumbar fue reducida, hecho que corroboró que, al menos en estos pacientes, la hipermovilidad más que la hipomovilidad estaba asociada al dolor lumbar.

## Diabetes mellitus

La hipomovilidad clínica, especialmente en las manos, ha sido estudiada en pacientes diabéticos (Lundbzaek 1957). Sin embargo, fue sólo en 1974 cuando los endocrinólogos pediátricos de Florida presentaron un nuevo síndrome basado en tres casos que estaban caracterizados por la limitación de la movilidad articular y el déficit del crecimiento en la diabetes mellitus infantil (Rosenbloom y Frias 1974). A este informe preliminar le siguieron otros estudios procedentes del mismo grupo de investigación que incorporaron un gran número de pacientes y otras variables (Grgic et al. 1975, 1976; Rosenbloom et al. 1981, 1982, 1983, 1984). Estos estudios demostraron que en la diabetes infantil con una movilidad articular limitada había unos niveles séricos normales de suero de hormona del crecimiento (Grgic et al. 1975) y que existía una relación entre la duración de los trastornos y la prevalencia y significación de las alteraciones articulares (Grgic et al. 1976). En una amplia muestra, encontraron que la movilidad articular estaba limitada en un 28% de los niños con diabetes en comparación con un baremo del 1% en niños sanos (Grgic et al. 1976).

Los niños diabéticos con movilidad articular limitada tienen un riesgo significativamente más alto de desarrollar a largo plazo complicaciones microvasculares (Rosenbloom et al. 1981). Otros datos clínicos relevantes descubiertos incluyen el ranking de 75% de niños diabéticos con movilidad

articular limitada en el percentil 25 más bajo para la altura, una incidencia tres veces superior de retinopatía, y un incremento del doble de neuropatía sintomática (Rosenbloom et al. 1982; Rosenbloom et al. 1984; Starkman et al. 1986). Estos datos han sido confirmados por otros investigadores (Benedetti et al. 1975; Benedetti y Noacco 1976; Starkman y Brink 1982; Fitzcharles et al. 1984; Kennedy et al. 1982; Rossi y Fossaluzza 1985; Madácsy et al. 1986; Starkman et al. 1986).

La movilidad articular limitada es una consecuencia de la diabetes mellitus en los tejidos blandos. Está principalmente restringida a las manos, empieza en el quinto dedo y se desplaza lentamente hacia los otros dedos (Kennedy et al. 1982; Rosenbloom et al. 1982; Shinabaerger 1987). Los pacientes rara vez lo describen espontáneamente, porque no causa ningún impedimento funcional (Rosenbloom et al. 1982; Fitzcharles et al. 1984). Esta alta incidencia —entre el 8 y el 36%— y la elevada especificidad del signo clínico son útiles para la detección y el pronóstico (Kennedy et al. 1982; Rosenbloom et al. 1983; Campbell et al. 1985). El primer síntoma es la rigidez de las manos, que aparece normalmente alrededor de la segunda década de la vida y viene seguida, unos 2 años después, por angiopatías microvasculares e implicaciones de otras articulaciones mayores (Rosenbloom et al. 1984; Shinabaerger 1987). Si la hipomovilidad empieza a una edad temprana, antes del estirón de la pubertad la altura final alcanzada es menor (Rosenbloom et al. 1982). En un interesante informe, neumólogos asociados con Rosenbloom (Schnapf et al. 1984) identificaron una compliancia pulmonar reducida y una menor elasticidad de los pulmones, lo que induce un patrón respiratorio restrictivo, en los individuos diabéticos.

Posteriormente, Arkkila, Kantola y Viikari (1997) encontraron que, cuando se controlaban factores de confusión como la edad y la duración de la diabetes, los pacientes diabéticos hipermóviles tenían de tres a cuatro veces más riesgo de desarrollar enfermedades coronarias y cerebrovasculares o nefropatía, e incluso un mayor riesgo de retinopatía proliferativa. En otro estudio, se asoció la movilidad limitada pasiva y activa del tobillo con un déficit sensorial cutáneo (Simmons, Richardson y Deutsch 1997), lo cual tiene impli-

caciones prácticas para el cuidado del pie y para las pautas de actividad física para los pacientes diabéticos.

Aunque las bases bioquímicas de una movilidad disminuida no están todavía completamente establecidas, está claro que incluyen cambios del colágeno –principalmente un incremento del número de interconexiones moleculares o conexiones cruzadas y altos niveles de glucosilación (Campbell et al. 1985). A pesar de la sugerencia de Grgic et al. (1976) de muchos años antes acerca de que es un área de investigación interesante, hasta ahora la resistencia pasiva del quinto dedo de la mano y la flexibilidad dinámica no han sido formalmente evaluadas en los pacientes diabéticos. Con ello se podría aportar una información clínica relevante.

## Otros estados hipomóviles

Además de la diabetes mellitus y el dolor lumbar, existen otros procesos clínicos en los que la hipomovilidad es una característica importante que puede afectar a la vida diaria. Las técnicas ambulatorias para personas que padecen artritis crónica difieren significativamente de las técnicas para los sujetos sanos en términos de frecuencia y grado de movilidad de la rodilla (Brinkmann y Perry 1985). En la artritis reumática juvenil, la sustancial pérdida de amplitud del movimiento de las articulaciones afectadas provoca discapacidades funcionales (Len et al. 1999). Hay datos (Cranney et al. 1999) que demuestran que la limitada movilidad articular observada usualmente en esta enfermedad está asociada a procesos genéticos e inflamatorios, como se ha demostrado mediante marcadores específicos. En un raro síndrome que combina las dos formas de diabetes –mellitus e insípida- y la atrofia óptica, también se encuentra la hipomovilidad; más específicamente, se encontró en dos hermanos una deformidad de flexión fija de todas las articulaciones interfalángicas (Fitzgerald, Grealley y Drury 1978).

La hemofilia, enfermedad en la que la sangre no se coagula, está asociada también a la hipomovilidad. Johnson y Babbit (1985) describieron cambios articulares genéticos, incluida la hipomovilidad, en 48 pacientes hemofílicos que presentaban limitaciones funcionales y alteraciones radiológicas.

Con el desarrollo y el uso extenso de los tests de flexibilidad en las pruebas clínicas, es probable que en el futuro otras enfermedades revelen parcial o general hipomovilidad como parte de sus signos y síntomas.

## La flexibilidad en las lesiones y el dolor muscular retardado

La práctica deportiva está frecuentemente asociada con lesiones del sistema locomotor. Estas lesiones pueden producirse por un traumatismo directo, como una colisión entre dos jugadores, o por un mecanismo indirecto, como una rotura ligamentosa causada por un movimiento anormal de la articulación. Las lesiones dependen también de factores extrínsecos como el tipo de deporte, el modo de practicarlo y las condiciones materiales y ambientales, y de factores intrínsecos como las condiciones físicas, psicológicas y sociales del individuo (Lysens et al. 1984). Frecuentemente, las lesiones están causadas por el sobreuso de una determinada estructura del sistema locomotor. Por ejemplo, McHugh et al. (1999) encontraron que los sujetos con rigidez eran más propensos a desarrollar una lesión muscular inducida por el ejercicio después de seis tandas rápidas de contracciones submaximales excéntricas e isocinéticas a media velocidad de los isquiotibiales. En general, estas lesiones son más frecuentes en sujetos sometidos a programas de entrenamiento físico de alta intensidad y de larga duración, como triatletas o soldados. Una de las principales razones para estudiar la flexibilidad es la valoración del papel de tales variables en la prevención y, por tanto, en la reducción de la incidencia de lesiones relacionadas con la actividad física.

Durante muchos años se ha creído que los ejercicios de estiramiento y unos niveles “adecuados” de flexibilidad ayudaban a prevenir las lesiones deportivas. En un excelente artículo de revisión, Gleim y McHugh (1997) analizaron datos procedentes de 18 estudios, la mayoría de ellos retrospectivos, y concluyeron que no existe una evidencia definitiva que sugiera que la realización de ejercicios de estiramiento prevenga las lesiones. Posteriormente, Shrier (1999), ampliando el ámbito de la revisión para incluir documentos

publicados en Francia, confirmó que los ejercicios de estiramiento realizados antes de la actividad física no previenen las lesiones. El autor presentó cinco razones por las que los ejercicios de flexibilidad no evitan las lesiones:

1. En los animales, el incremento de la distensibilidad muscular inducido por el calor favorece la rotura de los tejidos.
2. Los estiramientos previos al ejercicio no tienen efectos prácticos en actividades en las que no se alcanza la amplitud máxima del movimiento, como el footing.
3. El estiramiento no afecta a la distensibilidad muscular durante la fase excéntrica, cuando se producen la mayoría de las lesiones.
4. El estiramiento en sí mismo puede lesionar algunas estructuras.
5. El estiramiento puede enmascarar el dolor muscular en el ser humano.

Es mejor adoptar un enfoque menos dogmático en el mundo real. Aunque parece claro que los estiramientos antes de empezar una actividad, como caminar, correr y montar en bicicleta, no reducen la ya baja oportunidad de lesión en los individuos no deportistas, pueden ser útiles para los tenistas, patinadores y gimnastas, cuyas actuaciones requieren **estallidos** cortos y precisos de movimientos de alta intensidad. Para estos grupos, parece lógico tener una rutina de calentamiento, incluidos ejercicios en los que se alcance la amplitud máxima del movimiento, incluso si no hay (y puede que no haya nunca) una confirmación científica del beneficio.

A pesar de que el efecto agudo de los ejercicios de estiramiento no parece importante para la prevención de lesiones en el deporte, el papel de la flexibilidad en la prevención de lesiones es menos cierta cuando se compara la incidencia de lesiones deportivas en personas con distintos niveles de flexibilidad. Por ejemplo, Kirby et al. (1984) observaron que las gimnastas más flexibles tenían una mayor predisposición al dolor de espalda; McMaster, Roberts y Stoddard (1998) encontraron una correlación entre la laxitud de los hombros y el dolor de hombro en los nadadores de elite. Por otro lado, Jönhagen, Nemeth y Eriksson (1994), estudiando a esprinters, y Hartig y Henderson (1999), siguiendo los entrenamientos militares de prepara-

ción de los reclutas, verificaron que los individuos menos flexibles presentaban una mayor probabilidad de lesionarse. Parece ser que existen otras variables implicadas como el tipo de deporte y el sexo. En estudiantes de danza, Wiesler et al. (1996) no encontraron ninguna relación entre la flexibilidad del tobillo y la sucesión de lesiones en un período de 1 año. Tyler et al. (2001) observaron que no existía ninguna diferencia en la movilidad de aducción de la cadera entre los jugadores profesionales de jockey que habían sufrido o no lesiones de los músculos aductores de la cadera durante la temporada. Finalmente, Krivickas y Feinberg (1996) investigaron a 201 estudiantes universitarios de ambos sexos y verificaron únicamente en los hombres una relación inversa entre la laxitud ligamentosa y las lesiones de la extremidad inferior. Basándonos en la bibliografía parece apropiado estar de acuerdo con la sugerencia de Hartig y Henderson (1999) acerca de que la relación entre la incidencia de lesión y la flexibilidad **tiene forma de U**, lo que muestra que los niveles de flexibilidad extrema tienden a estar asociados con una alta predisposición a la lesión. Posteriormente, Herbert y Gabriel (2002) realizaron una revisión sistemática de la bibliografía y no encontraron evidencia alguna de que los programas de estiramiento realizados antes o después del ejercicio protegieran de la sensibilidad dolorosa retardada.

Cuando se expone el papel de la flexibilidad en la predisposición y la prevención de lesiones, es importante también advertir que los ejercicios de estiramiento en sí mismos pueden causar lesiones tendinosas y musculares, sobre todo si el estiramiento no se realiza adecuadamente. Por ejemplo, cuando Askling et al. (2002) examinaron a 97 estudiantes de danza, encontraron que una gran mayoría habían tenido, como mínimo, una lesión de isquiotibiales en los últimos 10 años, de las cuales casi un 90% había sido causado durante ejercicios preliminares con estiramientos lentos. En los individuos no acostumbrados a este tipo de entrenamientos, Smith et al. (1993) detectaron que una sola sesión de estiramientos, fueran estos estáticos o balísticos, incrementaba los niveles de suero sanguíneo de creatinina y producía una sensibilidad muscular dolorosa retardada moderada. Son necesarios ensayos clínicos aleatorizados controlados para comprender mejor las relaciones entre la flexibilidad general y específica y las lesiones relacionadas con la actividad física.

## Capítulo 3

# La evaluación clásica de la flexibilidad

Este capítulo revisa brevemente los distintos métodos y protocolos disponibles para evaluar la flexibilidad. En primer lugar, se exponen las principales contribuciones relevantes para evaluar la flexibilidad desde una perspectiva histórica. En segundo lugar, se analizan los distintos sistemas de clasificación disponibles para la evaluación de la flexibilidad, incluida nuestra propia propuesta de 18 criterios. En el proceso presentamos una sinopsis de algunos de los métodos más utilizados para evaluar la flexibilidad en las diferentes áreas profesionales. Finalmente, se exponen los instrumentos y aparatos utilizados para las mediciones de la amplitud del movimiento (ROM: range of motion) articular.

## Perspectivas generales e históricas

La flexibilidad está ampliamente reconocida como uno de los principales componentes de la forma física (Cureton 1941; Corbin y Noble 1980; Reilly 1981; Bouchard et al. 1990; Pate et al. 1995; Borms y Van Roy 1996; Fahey, Insel y Roth 1999; Cooper Institute for Aerobic Research 1999; ACSM 2000). Es, por tanto, lógico integrarla en las baterías de test de la forma física (Silman, Haskard y Day 1986; Skinner, Baldini y Gardner 1990; Borms y Van Roy 1996; Suni et al. 1998; Cooper Institute for Aerobic Research 1999; ACSM 2000). Sin embargo, sería inapropiado considerar la flexibilidad como una variable o característica única y uniforme, porque es específica para unos determinados movimientos (Harris 1969). Como tal, un único arco de movilidad articular probablemente no reflejará la movilidad general o la flexibilidad del individuo; esta consideración es prioritaria en la evaluación de la flexibilidad. Es probable que ciertas ROM estén asociadas a las necesidades de salud y ejecución. En efecto, unos niveles extremadamente bajos o altos de ROM articular suelen asociarse a enfermeda-

des, como se ha expuesto en el capítulo 2. Esta característica distingue la flexibilidad de otros componentes de la condición física relacionados con la salud (como la potencia aeróbica máxima y la fuerza y la potencia musculares máximas), en los que unos valores más elevados generalmente están relacionados con unos estándares más elevados de salud y de ejecución física en todos los grupos de edad. En este sentido, la flexibilidad puede estar más cerca de parecerse a la composición corporal, en la que es deseable un limitado abanico de valores y los resultados extremos están a menudo relacionados con la enfermedad o condiciones anormales.

A pesar de sus características especiales, que deben tenerse en cuenta en los programas de evaluación, es sabido que la evaluación de la flexibilidad puede ofrecer una información valiosa en el contexto de la valoración de la forma física. La figura 3.1 presenta diversas situaciones prácticas y potenciales en las que la medición de la flexibilidad puede ayudar a desarrollar estrategias de salud y condición física.

El hecho de que exista una gran variedad de protocolos, técnicas, métodos, instrumentos y aparatos para la evaluación de la flexibilidad confirma la relativa importancia y la aplicación de la flexibilidad en diferentes situaciones. Por ejemplo, la evaluación de la flexibilidad puede ser utilizada por los educadores físicos como parte de su valoración de la forma física (Cureton 1941), por los médicos del equipo como un instrumento para valorar el riesgo de lesión durante una temporada de competición (Nicholas 1970), por los reumatólogos para identificar la hiper movilidad benigna en una mujer joven (Biro et al. 1983) y por pediatras endocrinólogos para determinar el potencial de un adolescente diabético insulino-dependiente para sufrir microangiopatía (Rosenbloom et al. 1981).

La evaluación de la flexibilidad no es una cuestión nueva. En realidad, algunos estudios sobre este tema ya se realizaron en el siglo XIX, tal y como expuso Elward (1939). A finales del

**La evaluación de la flexibilidad es útil para:**

1. Valorar la forma física
2. Participar previamente en la evaluación médica o funcional para los programas de ejercicio
3. Valorar el riesgo de lesión potencial
4. Obtener datos de referencia para los resultados de la valoración de la intervención (tanto con entrenamiento físico como con rehabilitación)
5. Diagnosticar las causas de un rendimiento malo o limitado en el deporte o en las actividades de la vida diaria
6. Valorar el buen potencial para una modalidad deportiva específica
7. Obtener un diagnóstico clínico y un seguimiento de las condiciones de hipo e hipermovilidad

**Figura 3.1** Usos prácticos y potenciales de la evaluación de la flexibilidad.

siglo XIX, Potter (1895) sugirió que el ángulo cubital, que se medía con una herramienta similar a los goniómetros actuales, era mayor en las mujeres que en los hombres. En el momento de la publicación del documento, esta aproximación fue muy útil para identificar el sexo en cuestiones medicolegales. Sin embargo, cuando miramos hacia atrás, está claro que el interés principal sobre la evaluación de la flexibilidad se concebía como la necesidad de valorar la discapacidad —especialmente la pérdida de ROM— en respuesta a dos enfermedades: la poliomielitis, extendida a principios de siglo XX, y las lesiones sufridas por los participantes en la Primera Guerra Mundial (Alquier 1916; Albee y Gilliland 1920; Gilliland 1921). Albee y Gilliland (1920) propusieron primeramente el uso de la metroterapia, una estrategia de tratamiento en la que las mejoras del ROM inducidas por la terapia eran cuantificadas en los soldados heridos, quienes, curiosamente, fabricaron los instrumentos. En el año siguiente, Gilliland (1921) publicó lo que son probablemente las primeras normas sobre el grado de movilidad articular, basadas en datos obtenidos en 100 hombres adultos sanos.

Alrededor de 1940 hubo un surgimiento de estudios publicados sobre la evaluación de la flexibilidad. Se compararon estadísticamente las

ROM tanto pasivas como activas, en pronación y en supinación (Glanville y Kreezer 1937), distintos grupos propusieron normas para las ROM de distintas articulaciones (Wiechec y Krusen 1939; Fisk 1944; West 1945) y se dirigió el primer gran estudio sobre la flexibilidad en niños (Gurewitsch y O'Neill 1941). Durante este tiempo, Cureton (1941) trató profundamente la flexibilidad como un aspecto de la forma física y presentó el método y los percentiles para su sistema de evaluación. A pesar de que el trabajo de Cureton fue publicado hace muchos años, todavía es cierta su idea de que los ejercicios de flexibilidad nunca han sido estudiados intensivamente debido a que

algunos de los aspectos necesarios no son mesurables en los sujetos humanos vivos.

Cuando Gurewitsch y O'Neill (1941) lo observaron en su estudio realizado a más de 500 niños, Kenny ya había valorado el espasmo muscular en casos sospechosos de parálisis infantil. Pedía a los niños que ejecutaran tres ejercicios simples que ella supuso que todo individuo normal sería capaz de realizar:

1. Elevar la pierna recta 90°
2. Doblarse hacia delante con las rodillas estiradas y tocar el suelo con la punta de los dedos.
3. Doblarse hacia delante desde la posición sentada con las rodillas estiradas hasta alcanzar la rótula con la frente.

Es cierto que su suposición resultó ser muy optimista, pero aun así estableció una base fundamental para distintos protocolos, como los de Kraus y Hirschland (1954) y Wells y Dillon (1952), así como también el de elevación de la pierna recta (Hershler y Milner 1980b; Gajdosik, LeVeau y Bohannon 1985).

Desde 1948 hasta 1958 muchos trabajos publicados proponían la estandarización de las mediciones de la ROM articular tanto en los individuos sanos como en los enfermos (Darcus y Salter 1953;

Dorinson y Wagner 1948; Dunham 1949; Duvall 1948; Nemethi 1953; Salter 1955; Schenker 1956; Steel y Tomlinson 1958; Storms 1955). En un estudio publicado en 1948, Kendall y Kendall se organizaron para que todos los instructores de educación física del sistema de educación de Baltimore, Maryland, recogieran datos sobre dos tests de flexibilidad que establecían resultados de sí/no. Los datos de unos 5.000 sujetos, distribuidos proporcionalmente desde 1 año hasta 22 años en ambos sexos, les permitieron presentar resultados de curva de población para las pruebas de tocar los dedos de los pies y de flexionar el tronco hasta que la frente alcance las rodillas (Kendall y Kendall 1948). Sus datos mostraron que es muy raro que los niños mayores de 4 años sean capaces de tocar con la frente las rodillas extendidas y que el porcentaje menor de sujetos capaces de tocar los dedos de los pies con la punta de los dedos estaba entre los 11 y 12 años de edad.

Algunas de las contribuciones más significativas en el área de la evaluación de la flexibilidad resultaron del trabajo derivado de la tesis máster de Moore. En tres artículos publicados secuencialmente en *Physical Therapy Review* (Hellebrandt, Duvall y Moore 1949; Moore 1949a, 1949b), Moore, un fisioterapeuta, presentó una amplia revisión de la bibliografía anterior, detalló el uso de la goniometría para las mediciones de la ROM articular e introdujo formalmente los temas de evaluación y credibilidad. También señaló (1949b) muy claramente la complejidad derivada de la distinta terminología y las marcas de referencia utilizadas en este ámbito y, más específicamente, la necesidad de estandarización en un sistema de referencia para las mediciones de la ROM en grados, por lo que hay muchos sistemas distintos (p. ej., el geométrico 180° de arco y la posición anatómica de 0° de movimiento).

A principios de los años 1950 hubo dos importantes contribuciones en el campo de la evaluación de la flexibilidad, una, la de Wells y Dillon (1952), y otra, la de Kraus y Hirschland (1954). Ambos estudios, utilizando grandes muestras, pretendieron desarrollar estándares para la evaluación de la flexibilidad en individuos en edad escolar. Kraus había sido coautor de un trabajo anterior en el que se describía el protocolo del test de tocar los dedos de los pies (Weber y Kraus 1949), pero la enorme repercusión de sus descubrimien-

tos de 1954 –acerca de que los niños europeos estaban más en forma que los americanos– hizo que sus trabajos posteriores fueran mucho más famosos (Kraus y Hirschland 1954). A partir de entonces, los protocolos de evaluación se hicieron muy conocidos. Los estudios mencionados son a menudo citados como las fuentes primarias por los investigadores no familiarizados con el trabajo de 1941 de Gurewitsch y O'Neill (Wells y Dillon 1952; Kraus y Hirschland 1954). A finales de los años 1950, Leighton, quien anteriormente había desarrollado un mecanismo para medir el arco de movimiento en la mayoría de las articulaciones (1942), publicó una serie de artículos (Leighton 1955, 1956, 1957a, 1957b) en los que estudiaba la evaluación de la flexibilidad con la aplicación de la técnica del flexómetro en colegiales y en atletas de distintas disciplinas deportivas.

Contrastándolo con las técnicas más simples empleadas en estudios previos, la tecnología fue introducida para la evaluación de la flexibilidad a principios de los años 1960. Johns y Wright (1962) fueron coautores de un trabajo clásico que describía la importancia relativa de diversos tejidos en la movilidad de la articulación de la muñeca de gatos anestesiados. Cuando Karpovich y Karpovich (1959) introdujeron el potenciómetro para medir el ángulo durante un movimiento, iniciaron el uso de la electrónica para medir la ROM articular. Poco después, la American Academy of Orthopaedic Surgeons (1965) publicó un folleto que describía las técnicas para la medición y los estándares normales para la ROM articular. Los individuos que presentaban hipermovilidad general empezaron a ser formalmente identificados mediante un sistema de clasificación (Carter y Wilkinson 1964) basado también en el trabajo original de Sutro (1947). Siguió otros protocolos de clasificación y evaluación más sofisticados aunque todavía sencillos de realizar (Beighton y Hóran 1970). En otra relevante contribución en este momento, el grupo de investigación de Wright extendió posteriormente el uso de un protocolo alemán conocido como el método de Schober para las mediciones de la ROM del tronco en distintos planos (Macrae y Wright 1969).

En el año 1970 Nicholas relacionó un perfil de flexibilidad baja con el riesgo de lesión durante la temporada de competición en jugadores universitarios de fútbol americano, poniendo una especial

atención en el área de la valoración de la flexibilidad. En términos de la evaluación de la flexibilidad, las décadas de los años 1960 y 1970 estuvieron caracterizadas por un gran número de estudios que intentaban avanzar en las bases científicas de la evaluación de la flexibilidad (Finley y Karpovich 1964; Clayson, Mundale y Kottke 1966; Holland 1968; Harris 1969b; Kettelkamp et al. 1975; Adrian 1973; Beighton, Solomon y Soskolne 1973; Allander et al. 1974; Coon et al. 1975; Reynolds 1975; Beals 1976; Ellis, Burton y Wright 1979; Bohannon, Gajdosik y LeVeau 1985). Se publicaron también estudios con distintas versiones sobre la credibilidad y la validez de la valoración, normas específicas de edad y sexo para los ya existentes, y algunos protocolos de evaluación ocasionales ligeramente modificados (Leighton 1955; Kottke y Mundale 1959; Clayson et al. 1962; Ferlic 1962; Macrae y Wright 1969; Ingerval 1970; Rasmussen y Tovborg-Jensen 1970; Beighton, Solomon y Soskolne 1973; Clarke 1975; Moll y Wright 1971; Haas, Epps y Adams 1973; Sarrafian, Melamed y Goshgarian 1977; Wagner 1977; Penning 1978; Boone y Azen 1979; Wolf et al. 1979; Golberg et al. 1980; Bohannon, Gajdosik y LeVeau 1985; Youdas et al. 1992).

A finales de los años 1970, se incorporaron técnicas estadísticas sofisticadas a los estudios de flexibilidad, incluidos coeficientes de correlación interclase y el coeficiente de variación para la determinación de la fiabilidad (Michels 1983; Stratford et al. 1984; Howe, Thompson y Wright 1985; Merrit, McLean y Erickson 1986; Gogia et al. 1987; Siegler et al. 1996; Danis y Mielenz 1997; Fredriksen et al. 1997; Rikli y Jones 1997; Armstrong et al. 1998; Jones et al. 1998; Pellecchia y Bohannon 1998; Sabari et al. 1998). Exceptuando un sistema de clasificación práctico y simple publicado en la prestigiosa *New England Journal of Medicine* para ser utilizado en la detección de la hipomovilidad relativa al tejido conectivo en niños y adolescentes diabéticos (Rosenbloom et al. 1981; 1982), no aparecieron nuevos métodos aceptados en ninguna publicación internacional importante. La mayoría de los nuevos materiales o protocolos de evaluación fueron empleados únicamente en el trabajo original y no adoptados regularmente por otros grupos de investigación (Noyes et al. 1980; Bower 1982; Fitzgerald et al. 1983; Waugh et al. 1983; Murray

## Contribuciones históricas más importantes 1895-1982

- Potter (1895) – midió el ángulo cubital (el ángulo de carga)
- Albee y Gilliland (1920) – introdujeron la metroterapia
- Cureton (1941) – incluyó la evaluación de la flexibilidad en una batería de ejercicios para valorar la forma física
- Kendall y Kendall (1948) – realizaron el primer estudio de sección cruzada a gran escala sobre la flexibilidad
- Moore (1949a, 1949b) – introdujo cuestiones de fiabilidad en la evaluación goniométrica de la flexibilidad
- Wells y Dillon (1952) – describieron formalmente el método de evaluación de la flexibilidad *sit-and-reach*
- Kraus y Hirschland (1954) – presentaron el test de tocarse los dedos de los pies y los resultados comparativos para niños europeos y americanos
- Karpovich y Karpovich (1959) – introdujeron la electrogoniometría
- Carter y Wilkinson (1964) – presentaron un protocolo de evaluación para la valoración de la hipermovilidad articular
- American Academy of Orthopaedic Surgeons (1965) – publicó un folleto de normas para las ROM articulares
- Beighton y Hóran (1970) – presentaron unos criterios más desarrollados para cuantificar la hipermovilidad articular
- Rosenbloom et al. (1981) – presentaron un método sencillo de valoración de la ROM para detectar el aumento del riesgo de futuras lesiones vasculares en los adolescentes diabéticos
- Wright (1982) – contribuyó con un trabajo completo de *Clinics in Rheumatic Diseases* dedicado a la medición de la ROM

et al. 1985; Bonci, Hensal y Tiorg 1986; Silman, Haskard y Day 1986; Tucci et al. 1986; Krivickas y Feinberg 1996; Fredriksen et al. 1997; Tyler et al. 1999). La mayor contribución en el área de la medición del grado de movilidad durante este tiempo fue la publicación de un trabajo *Clinics in Rheumatic Diseases* dedicado en su totalidad a esta cuestión (Badley y Wood 1982; Smith 1982; Wright y Hopkins 1982). Como ya señalamos en el prólogo (Wright 1982), existe todavía espacio suficiente para avances en la medición y evaluación de la ROM.

En los últimos 20 años, la mayoría –sino todos– de los libros relacionados con el ejercicio y las ciencias del deporte (Johnson y Nelson 1979; Phillips y Hornak 1979; Borms y Van Roy 1996; Fahey, Insel y Roth 1999; ACSM 2000), y la medicina y la rehabilitación física (Cole 1982; Kottke 1982; Norkin, White y White 1995) han presentado estudios sobre la evaluación de la flexibilidad. Su intención ha sido establecer una asociación entre la flexibilidad y la probabilidad de lesión y la prevención tanto en el deporte como en la salud relacionada con la calidad de vida y el fitness, reforzando de este modo la relevancia de este tipo de mediciones (Fleckenstein, Kirby y MacLeod 1988; Krivickas y Feinberg 1996; Decoster et al. 1997; Jackson et al. 1998).

## Los sistemas de clasificación

Existe una gran variedad de técnicas y métodos para evaluar la flexibilidad, y van acompañados de distintos modos de clasificación de acuerdo con el ámbito de interés. En este apartado, se revisan brevemente los sistemas de clasificación más importantes y se propone un nuevo sistema de clasificación.

La flexibilidad tiene componentes estáticos y dinámicos (Corbin y Noble 1980; Reilly 1981). El *componente estático* hace referencia a la ROM máxima, mientras que el *componente dinámico* hace referencia a la cantidad de energía requerida para realizar un determinado movimiento articular, medido como *torque* (momento). Debido a las dificultades inherentes a la medición e interpretación del componente dinámico de la flexibilidad, y a pesar de su relevancia potencial, ésta se realiza únicamente en condiciones de investigación

excepcionales (Magnusson et al. 1996). Sin embargo, datos experimentales han demostrado una buena asociación entre los componentes dinámico y estático de la flexibilidad (Gleim y McHugh 1997).

Debido a que existen dos tipos básicos de flexibilidad (Holland 1968; Clarke 1975; Fahey, Insel y Roth 1999), un primer paso lógico fue clasificar la evaluación de la flexibilidad en estática y dinámica. La mayoría de los protocolos de evaluación dinámicos miden las curvas de rigidez articular, esto es, la cantidad de torque requerido para mover la articulación y un predeterminado arco de movimiento (Wright y Johns 1960; Johns y Wright 1962). La evaluación de la flexibilidad dinámica es rara vez utilizada en la práctica clínica o en la arena deportiva; se considera primariamente como una herramienta de investigación.

Para clasificar la flexibilidad de tipo estático, Harris (1969a) abogó por un enfoque cinesiológico, en el que las acciones corporales son consideradas para ser realizadas por una o múltiples articulaciones moviéndose en uno o más planos anatómicos. De acuerdo con Harris, existen dos tipos de mediciones:

1. Acción articular simple
2. Acción articular compuesta

La cuantificación de mediciones de *acción articular simple*, mediante medición directa de una extremidad o porción del cuerpo, es necesaria cuando está implicada una sola acción articular, mientras que las mediciones de la *acción articular compuesta* del grado de movilidad son necesarias cuando está implicada más de una articulación o tipo de acción en una articulación. Es posible, por supuesto, realizar un acción articular simple, tal como la flexión de codo, pero la gran mayoría de las actividades cotidianas y deportivas son acciones articulares compuestas.

Johnson y Nelson (1979) también propusieron la clasificación de los tests de flexibilidad estática en dos tipos:

1. Relativos
2. Absolutos

Los *tests relativos* son los diseñados para ser relativos a la longitud o la anchura de una parte

específica del cuerpo, y los *tests absolutos* son los que miden únicamente la ejecución en relación con una meta absoluta, tal como la distancia lineal entre el cuerpo ejecutor y el suelo en un esquat lateral. Johnson y Nelson también señalaron que las mediciones de la flexibilidad pueden ser tratadas como lineales (presentadas en pulgadas o centímetros determinados con una cinta adhesiva o una vara de medición) o rotatorias (en grados de rotación obtenidos con el uso de instrumentos transportadores o similares).

Maud y Cortez-Cooper (1995) introdujeron una terminología distinta con la designación de dos métodos de evaluación:

1. Indirectos
2. Directos

Esta división está relacionada con el tipo de medición realizada. Los *métodos indirectos* miden la distancia lineal entre dos partes o segmentos corporales, mientras que los *métodos directos* son aquellos en los que los ángulos articulares –esto es, ángulos entre partes o segmentos corporales– son medidos en grados.

Por otro lado, Reilly (1981) utilizó la expresión *test de ejecución* para medir situaciones que implicaban más de una articulación y tenían un componente claramente activo, esto es, condiciones en las que la ROM máxima era obtenida por el sujeto evaluado sin ningún soporte o ayuda externa.

A pesar de que la mayoría de los tests de flexibilidad estática pueden ser realizados tanto de modo activo como pasivo, dependiendo de sus protocolos respectivos y de sus metas de evaluación, se debe tener en cuenta que los resultados y la interpretación subsiguiente varían considerablemente, en especial en términos de factores limitantes para la amplitud máxima.

Hasta ahora hemos tratado algunos aspectos del enfoque de la evaluación de la flexibilidad. Existen muchos otros aspectos relevantes para ser considerados. Por ejemplo, los métodos de valoración varían en términos del número de articulaciones y movimientos medidos, los instrumentos requeridos y el tiempo necesario para completar el test, así como también los aspectos estadísticos.

Los temas de fiabilidad y validez inter e intraevaluación, así como otras propiedades estadísticas de los resultados deben ser conocidos porque están relacionados con el tipo de medición de la escala y con las características inherentes a la distribución de los datos. Hay que identificar la presencia o ausencia de efectos de “techo” y “suelo”, sumados a las propiedades de distribución de los datos no-gaussianas; éstos podrían ser importantes para la elección del método más apropiado para una situación de evaluación particular.

Los distintos sistemas de clasificación para los tests de flexibilidad estática se distinguen unos de otros en función del tipo de acción articular y de los modos en que las mediciones se realizan.

Después de considerar la necesidad de incluir todos estos aspectos en la valoración de la flexibilidad, desarrollamos nuestra propia clasificación de protocolos de evaluación de la flexibilidad. Integramos dentro de nuestro sistema algunos de los conceptos presentados por otros autores, para después ir un poco más allá con la incorporación de la evaluación de la flexibilidad clínica en el ejercicio, la medicina del deporte, la reumatología, y las disciplinas relacionadas, dentro de un sistema de clasificación único. En cuestiones de medición y evaluación, existen dos criterios añadidos para ser considerados en la clasificación o sistema taxonómicos: el coste y los aspectos de seguridad. Sin embargo, debido a que el coste está de algún modo relacionado con la instrumentación y la cantidad de tiempo requerido para completarla (ambos ya estaban incorporados en el modelo propuesto) y debido a que los riesgos significativos para la salud son inusuales en la valoración de la flexibilidad, la inclusión formal de estos aspectos fue desestimada. Nuestro sistema de clasificación considera 18 aspectos principales de técnica o protocolo de evaluación, divididos en 8 criterios metodológicos, 4 operacionales y 6 relacionados con la ciencia, que presentamos en la tabla 3.1 y exponemos brevemente a continuación.

**Tabla 3.1 Sistema de clasificación de 18 criterios de los métodos de evaluación de la flexibilidad**

Nº	Criterio	Clasificación
<i>Metodológico</i>		
1	Tipo de flexibilidad:	Dinámica o estática
2	Modo de ejecución:	Activa, pasiva o mixta
3	Número de movimientos:	Simple o múltiple
4	Número de articulaciones por punto de evaluación:	Simple o compuesto
5	Número de movimientos articulares en un determinado punto de evaluación:	Simple o compuesto
6	Número total de articulaciones medidas:	Único o múltiple
7	Número total de movimientos articulares medidos:	Pequeño, regular o grande
8	Capacidad global resultante:	Sí o no
<i>Operativo</i>		
9	Instrumentos necesarios:	Ninguno, simple o complejo
10	Tiempo de evaluación necesario:	Corto, medio o largo
11	Factibilidad:	Muy baja, baja, media, alta o muy alta
12	Unidad de medición:	Angular, lineal o adimensional
<i>Científico</i>		
13	Fiabilidad:	Baja, media o alta
14	Estabilidad:	Baja, media o alta
15	Validez:	Baja, media o alta
16	Poder o sensibilidad discriminatorios:	Muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto
17	Aplicabilidad:	Muy baja, baja, media, alta o muy alta
18	Características de la distribución de datos:	Paramétricas o no paramétricas

## 1 Tipo de flexibilidad

La evaluación de la ROM podría tener presente las fuerzas mecánicas que resisten a un movimiento pasivo o activo. Esta flexibilidad está clasificada como *dinámica*, que evalúa el máximo arco pasivo de movimiento, o como *estática*, que evalúa la máxima amplitud del movimiento. En realidad, la expresión *estática* debería ser contextualizada, dado que el movimiento realizado durante el test no es completamente estático; para mover los segmentos o partes del cuerpo con el objetivo de alcanzar la máxima ROM, se requiere algo de movimiento, aunque normalmente sea muy lento.

## 2 Modo de ejecución

Existen tres modos de ejecución en la evaluación de la flexibilidad: activo, pasivo y combinado. La *ejecución activa* está definida por una situación durante la cual no hay ninguna fuerza externa; la *ejecución pasiva* implica sistemáticamente tanto el uso de algunos instrumentos o recursos como la asistencia de un evaluador para alcanzar el movimiento; en la mayoría de los movimientos articulares, si no en todos, el arco de movimiento pasivo es más amplio que el activo y es mucho más influenciado tanto por los factores musculares del sujeto (tal como la fuerza, potencia y coordinación) como por la motivación. Un ejemplo simple de la distinción entre las ROM activas y pasivas es la persona con paraplejía que no puede extender activamente las rodillas, pero que tiene una extensión pasiva normal. Excepcionalmente, un método podría mezclar las formas activa y pasiva en algunos movimientos (Nicholas 1970) y de este modo ser clasificado como un modo de evaluación combinado.

## 3 Número de movimientos

Los métodos de evaluación de la flexibilidad varían en términos del número de movimientos efectivamente medidos. Aunque muchos de ellos son métodos de *un movimiento*, como el *sit-and-reach* (Wells y Dillon 1952) y el *straight leg raising* (Gajdosik y col 1985), otros protocolos incorporan *movimientos corporales múltiples* (Leighton 1955; Nicholas 1970).

## 4 Número de articulaciones por punto de evaluación

Especificidad de la flexibilidad articular: los movimientos humanos están ejecutados por una articulación *única* o *compuesta* (Harris 1969a). Los protocolos de evaluación de la flexibilidad están diseñados para medir simultáneamente tanto articulaciones únicas como múltiples.

## 5 Número de movimientos articulares en un punto determinado de evaluación

Especificidad de la flexibilidad del movimiento: si un determinado protocolo de evaluación de la flexibilidad es capaz de medir un movimiento único en una determinada articulación, puede ser clasificado como un *movimiento único*, como, por ejemplo, en la extensión aislada de la rodilla. Los métodos que incluyen *movimientos múltiples* en un único elemento de evaluación son clasificados como *compuestos*. Un ejemplo de movimiento múltiple es la medición de un arco completo de movimiento del codo en un único plano abarcando simultáneamente los movimientos de flexión del codo y la rodilla.

## 6 Número total de articulaciones medidas

La mayoría de los protocolos de evaluación de la flexibilidad permiten que la ROM sea medida separadamente en más de una articulación. Por tanto, es posible etiquetarlos diferentemente, de acuerdo con esta variable, como *único* o *múltiple*.

## 7 Número total de movimientos articulares medidos

En línea con el concepto presentado en el punto anterior, los métodos de evaluación de la flexibilidad varían de acuerdo con el número de articulaciones que se consideren: *pequeño* (sólo uno), *regular* (de dos a cinco), y *grande* (más de cinco).

## 8 Capacidad global resultante

A pesar de que la flexibilidad es una cuestión muy compleja y específica, es a menudo ventajoso ser capaz de obtener un perfil global o general de la flexibilidad corporal de un individuo mediante la combinación de los resultados de las mediciones de la ROM en muchos movimientos articulares diferentes. Los protocolos de evaluación de la flexibilidad pueden, por tanto, clasificarse en términos de la capacidad global resultante (*sí* o *no*).

## 9 Instrumentos necesarios

Algunos protocolos de evaluación de la flexibilidad están libres de equipamiento, pero otros requieren aparatos tan sofisticados que se realizan únicamente en procesos de investigación. Por tanto, es posible clasificar arbitrariamente los métodos en tres niveles de acuerdo con los instrumentos requeridos: *ninguno*, *simple* (p. ej., un goniómetro) o *complejo* (p. ej., un electrogoniómetro computarizado).

## 10 Tiempo de evaluación necesario

En la práctica clínica y en las rutinas de *estudio* de la población, el tiempo es una característica crucial, pero en investigaciones avanzadas es habitualmente irrelevante. Los métodos de evaluación de la flexibilidad pueden clasificarse en tres categorías distintas de acuerdo con el tiempo requerido para completar la evaluación: *corto* (menos de un minuto), *medio* (de uno a cinco minutos) y *largo* (más de cinco minutos).

## 11 Factibilidad

En las escuelas, las instalaciones sanitarias y de fitness, los espacios de oficina, la disponibilidad de los espacios, los recursos materiales y los sistemas de iluminación y de control climático pueden ser muy limitados o incluso inexistentes, haciendo difícil utilizar operativamente protocolos complejos de evaluación. Además, los protocolos que requieren ropa o aparatos para ser utilizados, o la cuestión de desnudarse, podrían ser limitaciones adicionales. Además, la necesidad de adoptar posiciones corporales muy complicadas y físicamente activas, e incluso pasivas, para la evaluación, puede restringir la utilidad de un determinado método de valoración. Los métodos de medición de la flexibilidad pueden ser divididos arbitrariamente en cinco niveles de factibilidad: *muy baja*, *baja*, *media*, *alta* y *muy alta*.

## 12 Unidad de medición

Los tests de flexibilidad pueden ser clasificados en tres categorías mutuamente excluyentes de acuerdo con la unidad de medición utilizada: *angular*, *lineal* y *adimensional*. Todos los protocolos de evaluación cuyos resultados se expresan en grados son clasificados como angulares, mientras que los tests que proporcionan resultados en unidades métricas son llamados lineales. Los restantes, que presentan normalmente sus resultados en escalas de medición ordinales o nominales, sean puntos o respuestas de tipo *sí/ no*, son denominados adimensionales.

## 13 Fiabilidad

Para tener una utilidad práctica, todas las técnicas de medición deben ser fiables. En términos de coeficientes de correlación intraclass o estadística de kappa (cualquiera es apropiado para la escala de medición del protocolo), los tests de flexibilidad pueden ser clasificados en tres niveles de fiabilidad: *baja* ( $r < 0,40$ ), *media* ( $0,40 < r < 0,75$ ) o *alta* ( $r > 0,75$ ).

## 14 Estabilidad

Sumado a la alta fiabilidad mostrada entre las mediciones recogidas por el mismo o distintos evaluadores, un buen protocolo de evaluación de la flexibilidad debe ser estable; esto es, los resultados han de tener una variabilidad limitada cuando todos los factores externos, como la temperatura, la actividad física previa y el momento del día, son estudiados. En cuanto a la variación entre los resultados obtenidos en dos días distintos, los métodos de evaluación de la flexibilidad pueden clasificarse en tres niveles de estabilidad: *alta* (<5%), *media* (5 a 10%) y *baja* (>10%).

## 15 Validez

La posibilidad de medir “verdaderamente” la variable que está siendo considerada, se llama validez. Aunque existen distintos aspectos de validez, existe un consenso general de que todos los métodos de evaluación son válidos si son utilizados en la práctica o en investigación. Como no hay un patrón real en la evaluación de la flexibilidad, no es factible determinar directamente la validez de un método o un instrumento concreto de evaluación de la flexibilidad. Sin embargo, es posible estimar la validez elaborada y actualizada de la mayoría de los métodos, siendo ésta calculada mediante coeficientes de correlación producto-momento en comparación con otros protocolos de “referencia”. Los métodos de evaluación de la flexibilidad pueden clasificarse arbitrariamente en términos de validez como *baja* ( $r \leq 0,4$ ), *media* ( $0,4 < r < 0,6$ ) o *alta* ( $r \geq 0,6$ ).

## 16 Poder discriminatorio o sensibilidad

Una técnica de valoración debe ser capaz de detectar diferencias reales estén dónde estén, tanto en un enfoque de sección cruzada como en uno intervencional. Esta propiedad sustituye a la pertinencia del intervalo de puntuación, idealmente sin efectos de medición de techo y suelo –muy rara vez se encuentran puntuaciones extremas. La sensibilidad de las técnicas en la identificación de los efectos intervencionales está también influida por el nivel de flexibilidad del grupo de población que se esté evaluando. A la luz de esta limitación potencial, parece suficiente valorar los protocolos para la valoración de la flexibilidad de acuerdo con su poder discriminatorio en cinco niveles arbitrarios: *muy bajo*, *bajo*, *medio*, *alto* y *muy alto*.

## 17 Aplicabilidad

Algunos aspectos de un protocolo pueden interferir en el espectro de individuos o condiciones en las que ese protocolo de evaluación de la flexibilidad puede ser empleado. Idealmente, un método de evaluación debería ser válido para toda la población, incluidos niños, adultos y ancianos de ambos sexos, sanos o enfermos, o con distintos niveles de actividad física regular (desde los más sedentarios a los deportistas de elite). Además, debería ser capaz de evaluar a individuos en los extremos de las escalas de flexibilidad; es decir, las personas con hipo o hiper movilidad. La aplicabilidad de un test de flexibilidad puede considerarse: *muy baja*, *baja*, *media*, *alta* y *muy alta*.

## 18 Características de los datos de distribución

Las estadísticas paramétricas son mucho más veraces y fáciles de utilizar e interpretar que los métodos estadísticos no paramétricos. Sin embargo, algunas asunciones básicas deben ser cumplidas antes de poder utilizar estadísticas paramétricas, a saber, un alto nivel en la escala de medición (es decir, al menos una puntuación de tipo interválico) y una distribución de datos normal o gaussiana. En este sentido, las rutinas de evaluación de la flexibilidad pueden dividirse mediante el manejo de los datos estadísticos en *paramétricas* y *no paramétricas*.

## Revisión de los métodos existentes para la evaluación de la flexibilidad

Con nuestro sistema de clasificación en mente, disponemos del marco para exponer los métodos principales de evaluación de la flexibilidad (el capítulo 8 utilizará el sistema de clasificación de 18 puntos para comparar los métodos de flexibilidad con más detalle). Si hay que elegir el criterio más importante por razones didácticas de agrupación, el criterio de unidad (punto 12) es el más apro-

piado. En este contexto, se presentan en esta sección los protocolos históricos más importantes para la evaluación de la flexibilidad.

## Métodos angulares

Los métodos angulares para la medición de la amplitud del movimiento (ROM) son aquellos que proporcionan resultados en grados de arco –por ejemplo, cuando el ángulo formado por el eje longitudinal del antebrazo y el brazo se mide durante la flexión del codo. La goniometría, la medición de los ángulos, es el término utilizado comúnmente para identificar estos métodos. Los métodos angulares pueden ser utilizados tanto en versiones activas como pasivas, aunque se aplican con más frecuencia activamente porque son necesarios, como mínimo, dos evaluadores entrenados para una goniometría pasiva bien realizada.

Históricamente, los métodos angulares fueron los primeros en ser desarrollados en respuesta a la demanda del sistema de asistencia sanitaria de métodos para evaluar la discapacidad y los resultados del tratamiento en los veteranos heridos de la Primera Guerra Mundial (Albee y Gilliland 1920; Gilliland 1921; Glanville y Kreezer 1937; Elward 1939). Una gran cantidad de conocimientos se ha ido acumulando sobre este tema y los libros (Norikin, White y White 1995; Clarkson 1999), capítulos de libros (Maud y Cortez-Cooper 1995; Borms y Van Roy 1996), monografías (AAOS 1965; Clarke 1975; Wright 1982) y artículos de revisión (Duvall 1948; Moore 1949b; Storms 1955) cubren ampliamente todos los métodos y técnicas disponibles para la valoración angular de la ROM articular. Para prácticamente todas las articulaciones, hay disponibles normas y límites de la ROM normal (Moore 1949a; Salter 1955; Leighton 1956; Kottke y Mundale 1959; AAOS 1965; Boone y Azen 1979; Bell y Hoshizaki 1981; Fitzgerald et al. 1983; Woods 1985; Pellicchia y Bohannon 1998; Fahey, Insel y Roth 1999), muchos de ellos con sexo y edad específicos (Leighton 1955; Clayson et al. 1962; Coon et al. 1975; Bower 1982), lo que permite al evaluador la apreciación comprensiva y apropiada de los resultados obtenidos. Es fundamental prestar una cuidadosa atención a estas descripciones para asegurarse una fiabilidad de medición alta (Brown y Miller 1998). Están disponibles también en otras

fuentes (AAOS 1965; Norikin; White y White 1995; Clarkson 1999) los posibles movimientos de cada una de las articulaciones principales y la correspondiente terminología. Debe dejarse claro que las mediciones goniométricas son difíciles o incluso imposibles de realizar en algunas articulaciones o situaciones específicas, especialmente cuando el movimiento global ocasiona una movilidad pequeña en articulaciones pequeñas, como ocurre con la flexión del tronco (Buck et al. 1959). Para la estandarización, en este libro se adoptaron algunos términos para la descripción de ciertos movimientos, incluidos la *dorsiflexión del tobillo* y la *flexión plantar* como correspondencia de la flexión y extensión del tobillo, *rotación lateral* y *medial* como correspondencia de la rotación externa e interna, e *hiperextensión* para describir el exceso de la posición neutra de la articulación. Tenemos una excepción importante para esta regla en los movimientos de tronco, en los que la *hiperextensión* simplemente se reemplaza por *extensión*.

Existen como mínimo tres modos distintos de *medición del arco de movimiento*, dependiendo del sistema de referencia utilizado (Moore 1949a). En la *goniometría clásica* (AAOS 1965), la posición anatómica erguida está considerada como 0° de movilidad. Las mediciones de cada arco empiezan lógicamente desde este valor y progresan hacia los 180°, con la única excepción de las magnitudes de pronación y supinación, para cada una de las cuales el punto medio del movimiento se considera la posición de inicio y la movilidad está graduada de 0 a 90° en ambas direcciones. La *limitación de la ROM* se asocia con valores angulares numéricos pequeños y cabe conseguir fácilmente tanto intervenciones diagnósticas como terapéuticas. Debido a que en la práctica esta aproximación contradice claramente la geometría clásica (Moore 1949a), algunos profesionales han preferido utilizar un sistema en el que un movimiento de flexión alcanza 0° y una articulación completamente extendida alcanza 180°. En contraste con la goniometría clásica, los valores de baja movilidad están asociados a valores de muchos grados. Una tercera aproximación mide grados únicamente para un *arco de movimiento articular en un único plano* (Moore 1949a; Leighton 1956), más que considerar una contribución relativa de cada acción aislada. Por ejem-

plo, 130° de arco de movimiento del codo pueden corresponder a 130° de flexión desde la posición extendida neutra o a una combinación de puntos de amplitud del límite de extensión y flexión, tal como 10° de hiperextensión del codo y 120° de flexión del codo, teniendo cada escenario un significado clínico distinto (Buck et al. 1959). Hay que insistir en que las mediciones angulares obtenidas en distintos sistemas no son intercambiables debido al gran riesgo de una mala interpretación. El sistema elegido debe estar claramente establecido en el informe de datos (Moore 1949a; Buck et al. 1959; Kottke 1983). Además, ninguno de estos sistemas permite cuantificar pequeñas translaciones concomitantes, que se producen con bastante frecuencia durante los movimientos articulares supuestamente de un único plano (Buck et al. 1959).

Los métodos angulares para la medición de la flexibilidad cuantifican la ROM en grados mediante el uso de instrumentos diseñados especialmente.

Si tenemos unas instrucciones claras para la posición del sujeto, la relajación, el alineamiento y las condiciones apropiadas de iluminación son aspectos críticos para la medición angular (Kottke 1983; Moore 1949b). También es importante un buen conocimiento anatómico y cinesiológico para identificar correctamente los objetivos necesarios para la medición. Puede ser correcto utilizar un lápiz para marcar los lugares identificados previamente, especialmente el fulcro, la marca representativa del eje de movimiento. En estudios de revisiones médicas de población o de una gran muestra, únicamente se utilizan mediciones angulares seleccionadas, normalmente en el lado derecho del cuerpo (Kottke 1983; Brown y Miller 1998). Sin embargo, en los casos clínicos, es a menudo útil comparar los arcos de movimiento articular bilaterales cuando se sospecha un deterioro de la movilidad en una determinada articulación, para compararla con su articulación contralateral supuestamente normal, con el fin de evitar sesgos u otros problemas asociados con el uso de normas de referencia (Moore 1949b). Algunas veces la medición del mismo arco de movimiento realizada en distintas posiciones corporales aporta valores distintos (Sabari et al.

1998), hecho que puede ser útil en el diagnóstico diferencial clínico de los factores limitantes de la movilidad.

La técnica de medición angular de Leighton (1956) ha sido ampliamente utilizada por educadores físicos y entrenadores deportivos, posiblemente debido a la disponibilidad inmediata de datos de referencia de varones universitarios y de algunas modalidades deportivas (Leighton 1955, 1957a, 1957b) y a las normas recientemente disponibles para hombres y mujeres de 18 a 88 años (Brown y Miller 1998). En la descripción original de la técnica (Leighton 1956), se midieron activamente los ángulos de un total de 30 arcos de movimiento articular realizados en ambos lados del cuerpo y distribuidos a lo largo de las extremidades superiores e inferiores y del tronco.

Por otro lado, los fisioterapeutas adoptaron el test de elevación de la pierna recta (*straight-leg-raising*) (Gajdosik y Lusin 1983; Hsieh, Walker y Gillis 1983; Bohannon, Gajdosik y LeVeau 1985) para evaluar la rigidez de los isquiotibiales en pacientes con dolor lumbar. Richard Bohannon (Bohannon, Gajdosik y LeVeau 1985; Gajdosik, LeVeau y Bohannon 1985), un fisioterapeuta, ha contribuido significativamente en la comprensión de los efectos de las distintas articulaciones en los resultados del test *straight-leg-raising*. Debido a su habitual utilización en conjunción con otros métodos de medición angular, este test puede realizarse tanto en la versión activa como en la pasiva cada una de ellas tiene diferentes valores (Bohannon, Gajdosik y LeVeau 1985), y en una o las dos piernas.

## Métodos lineales

Los métodos lineales de valoración de la flexibilidad no miden directamente ángulos entre segmentos óseos, sino que expresan resultados en términos de una escala de distancia graduada, básicamente en unidades de centímetros o pulgadas. Los primeros estudios con métodos lineales fueron publicados 20 ó 30 años después de los primeros artículos descriptivos goniométricos y fueron principalmente destinados a la evaluación de la flexibilidad en los niños.

En 1941 se publicaron dos protocolos independientes, aunque de algún modo similares, para la valoración lineal de la flexibilidad, que implica-

ban básicamente cuatro movimientos distintos (Cureton 1941; Gurewitsch y O'Neill 1941). Ambos estudios aportaron normas de referencia de edad para estos tests. Los procedimientos de Gurewitsch y O'Neill se centraron en la flexibilidad lumbar e isquiotibial. La batería de valoración de la flexibilidad de Cureton evaluaba la flexión y extensión del tronco, la flexión del hombro y el arco de movimiento del tobillo; lo que posibilitó determinar una puntuación de flexibilidad global promediando los percentiles de movimientos individuales.

Estos protocolos de evaluación fueron seguidos por otras importantes y bien conocidas contribuciones a los tests de flexibilidad (Weber y Kraus 1949; Wells y Dillon 1952; Kraus y Hirschland 1954). En 1952, Wells y Dillon introdujeron el *test de flexibilidad sit-and-reach*, que tenía como objetivo valorar la flexibilidad lumbar e isquiotibial. Para la valoración, como el nombre sugiere claramente, el sujeto adopta una posición sentada con las rodillas completamente extendidas y los pies fijados contra un objeto inmóvil que tiene una vara sujeta que se extiende por detrás. El sujeto realiza una flexión y con los brazos estirados alcanza el punto más alejado que le sea posible detrás de la vara. Entonces, se registra la distancia lineal entre los pies y la punta de los dedos de las manos (Wells y Dillon 1952; Corbin y Noble 1980; Reilly 1981). En la descripción original (Wells y Dillon 1952), los sujetos habían calentado previamente y se realizaba un total de 8 intentos para identificar la mejor puntuación.

Existen muchas versiones del *test sit-and-reach*, incluidas la versión modificada, el *back-saver* y el YMCA, que difieren ligeramente en el método y en las normas de referencia (Looney y Plowman 1990; Maud y Cortez-Cooper 1995; Schmidt 1995; Cornbleet y Woolsey 1996; AAHPERD 1988; Brown y Miller 1998; Jackson et al. 1998; Cooper Institute for Aerobic Research 1999; Hui y Yuen 2000). Se realizaron tres grandes cambios del *test original* en estas versiones. Primero, la escala de medición fue cambiada para permitir únicamente resultados positivos mediante la colocación de una marca de 38 centímetros representando el punto en el que las puntas de los dedos de las manos están en línea con las de los dedos de los pies (Cornbleet y Woolsey 1996; Jackson et al. 1998). La segunda gran adaptación fue establecer

un punto de inicio 0 para medir el alcance (de la vara) por parte del sujeto, mientras las nalgas, espalda y hombros se mantenían en contacto con la pared. Se midió la magnitud de la flexión del tronco, es decir, el desplazamiento de la punta de los dedos de las manos en relación con el punto 0 (Maud y Cortez-Cooper 1995). La tercera adaptación fue el *test sit-and-reach "back-saver"*. El sujeto se sienta en un banco con las rodillas flexionadas en ángulo recto y los pies sujetos en el suelo, mientras el tronco se flexiona y los brazos están completamente extendidos para llegar tan lejos como sea posible. Con este método se pierde la influencia de los isquiotibiales en la actuación (Hui y Yuen 2000).

Un estudio posterior muy interesante de Holt, Pelham y Burke (1999) prolonga considerablemente el *test original sit-and-reach* mediante la incorporación de una forma pasiva y un total de seis maneras distintas de realizarlo (tres posiciones en dos modos de ejecución): desde la posición original, con las rodillas completamente extendidas y las caderas rotadas lateralmente, y tal y como acabamos de describir pero con las caderas y rodillas flexionadas hasta 145°. Mediante esta aproximación tan creativa para aislar la contribución de los isquiotibiales en la flexión del tronco con las piernas completamente extendidas, los autores afirmaron que podían distinguir los factores limitantes del movimiento.

Los métodos lineales para la medición de la flexibilidad más importantes son los tests de tocar los dedos de los pies y *sit-and-reach*, los cuales expresan sus resultados en pulgadas o centímetros.

El segundo *test lineal* de flexibilidad más popular es *toe touch* (tocar los dedos de los pies) (Kraus y Hirschland 1954). El sujeto empieza desde la posición sentada con las rodillas completamente extendidas y entonces intenta tocar los dedos de los pies con las yemas de los dedos de las manos. Este método pretende valorar la movilidad de la flexión del tronco y puede medir también la extensibilidad de los isquiotibiales. A pesar de que en la descripción original los resultados eran evaluados en una dicotomía de apto / no apto, estudios posteriores adoptaron un banco elevado e

incorporaron la medición de la distancia lineal por exceso o por defecto en centímetros o pulgadas en relación con los pies, que se consideraban la marca de referencia 0 (Kippers y Parker 1987; Kuo et al. 1997).

Otro método para valorar la movilidad del tronco lo describió en dos estudios el mismo grupo de investigación (Macrae y Wright 1969; Moll y Wright 1971). Después de identificar con precisión las marcas anatómicas en la columna, se marcan los puntos de referencia con el sujeto en la posición anatómica. Para las mediciones lineales se utiliza una simple cinta flexible, y las diferencias causadas por la flexión lateral o anterior del tronco son registradas y evaluadas (Moll y Wright 1971).

Algunos de los primeros artículos y capítulos de libros sobre la medición y evaluación de la flexibilidad abogaban por la utilización de otros procedimientos lineales de evaluación para otras articulaciones importantes (Clarke 1975; Johnson y Nelson 1979). Sin embargo, la gran mayoría de estos protocolos de evaluación de la flexibilidad, a parte de defender su veracidad, no han sido validados y atienden a unas necesidades muy específicas del deporte o de la danza que hoy en día se consideran anticuadas (Cornbleet y Woolsey 1996; Johnson y Nelson 1979).

## Métodos adimensionales

Los métodos adimensionales son aquellos que no utilizan unidades de medición angulares ni lineales. Existen muchos ejemplos de este tipo de mediciones en la ciencia del ejercicio y la medicina; uno de ellos es el método internacional ampliamente utilizado de apreciación de la salud de los recién nacidos mediante la determinación de su puntuación Apgar (Feinstein 1999). Este apartado revisará los sistemas de puntuación adimensionales más comunes para la valoración de la hipo y la hipermovilidad.

En 1964, Carter y Wilkinson aportaron datos obtenidos de 285 niños y niñas de 6 a 11 años mediante el uso de un protocolo de valoración de la movilidad de cinco puntos. Las puntuaciones de los niños fueron comparadas con puntuaciones obtenidas en una muestra aleatoria de 91 muchachos y muchachas de edades similares que habían nacido con luxación de cadera (Carter y

Wilkinson 1964). La hipermovilidad, que fue diagnosticada cuando aparecieron tres o más de los cinco puntos, se observó cinco veces más a menudo en los niños con luxación de cadera previa que en los escolares normales. Mediante el manejo estadístico de los datos originales y el cálculo de la estadística del chi-cuadrado en tablas de contingencia, confirmamos la existencia de una diferencia significativa entre los grupos en un nivel de probabilidad del 1%.

En 1969, Beighton y Hóran publicaron un artículo en el que describían los hallazgos sobre hipermovilidad en 100 pacientes con el síndrome de Ehlers-Danlos estudiados en dos hospitales de Londres. En este trabajo, los autores propusieron una modificación del sistema de puntuación original de Carter y Wilkinson para realizar mediciones en articulaciones emparejadas e incrementar la puntuación máxima de 5 a 9. La movilidad articular en una población africana típica de unos 1.000 sujetos fue evaluada sobre la misma escala 0-9, pero mediante la utilización de un sistema de puntuación ligeramente distinto (Beighton, Solomon y Soskolne 1973). Este sistema de puntuación ha sido utilizado desde entonces en varios trabajos y citado de muchas maneras distintas. Algunos investigadores lo han llamado simplemente *escala o puntuación de Beighton* (Pountain 1992; Grahame y Pyeritz 1995; Rikken-Bultman, Wellink y van Dongen 1997), pero otros han hecho referencia a las contribuciones originales describiéndolo como *escala de Wilkinson-Beighton* (Decoster et al. 1997) o la *escala de Carter y Wilkinson modificada por Beighton et al.* (Bird, Tribe y Bacon 1978; Bird, Brodie y Wright 1979; Biro, Gewanter y Baum 1983; Seow, Chiow y Khong 1999).

Lo relevante del uso del método adimensional es la falta de estandarización para una puntuación de corte de la hipermovilidad. Los usuarios del método de Carter-Wilkinson están de acuerdo en que la presencia de tres o cinco factores caracterizan la hipermovilidad (Biro, Gewanter y Baum 1983; Gedalia et al. 1993), en concordancia con la propuesta original (Carter y Wilkinson 1964). Sin embargo, debido a que Beighton, Solomon y Soskolne (1973) trataron las puntuaciones de la movilidad como un continuo, otros autores que han utilizado su método han establecido una variedad de criterios de corte y terminologías dis-

tintos. Grahame y Pyeritz (1995) examinaron a un grupo de sujetos que cumplían criterios diagnósticos estrictos para el síndrome de Marfan y determinaron que la mayoría (81%) de los adultos tenían alguna evidencia (>1/9) y el 56% tenía considerable evidencia (>2/9) de hiper movilidad articular.

Al-Rawi y Al-Rawi (1982) utilizaron un criterio de cuatro puntos mínimos para definir la hiper movilidad en mujeres con prolapso genital, mientras que Bird, Tribe y Bacon (1978), y Decoster et al. (1997) propusieron una escala que designaba una puntuación de >4 a 9 como diagnóstico de hiper movilidad. Pountain (1992) identificó a los adultos con extrema laxitud articular cuando sus puntuaciones estaban entre 7 y 9.

El método adimensional de valoración de la flexibilidad fue también aplicado en el trabajo pionero de Nicholas (1970), realizado con jugadores de fútbol americano; este método fue adaptado posteriormente a un protocolo de evaluación de preparticipación en el deporte (Goldberg et al. 1980). El protocolo de evaluación de la flexibilidad de Nicholas consiste en una evaluación visual de la amplitud de ocho movimientos corporales, cinco de los cuales implican la parte inferior y tres la parte superior del cuerpo. Cada movimiento se gradúa en una escala de 0 a un máximo de 2 en

incrementos de medio punto de acuerdo con los grados de referencia presentados en el trabajo (Goldberg et al. 1980). Mediante la suma de los resultados, se pueden obtener valores entre 0 y 10 para la parte inferior del cuerpo, y entre 0 y 6 para la parte superior, entre 0 y 16 para la flexibilidad general, que oscila desde la máxima rigidez en 0 hasta la máxima pérdida en 16 (tabla 3.2). Goldberg et al. encontraron que los deportistas que puntuaban en los extremos inferiores o superiores de la escala eran más propensos a sufrir lesiones durante la competición, lo que convierte al protocolo en un instrumento útil para definir estrategias de prevención, que pueden incluir ejercicios de estiramiento o de fuerza.

Otros métodos adimensionales han sido también utilizados para identificar la hipomovilidad. La investigación pediátrica ha demostrado que los niños con diabetes mellitus, que tienen manos rígidas e hipomóviles presentan un riesgo incrementado de desarrollar enfermedades microvasculares (Rosenbloom et al. 1981; Rosenbloom et al. 1982). En el método de Rosenbloom et al. (1981) se pidió a los sujetos que aproximaran con fuerza las superficies palmares de las articulaciones interfalángicas de ambas manos con los dedos abiertos. Si la superposición completa no se alcanzaba, el examinador confirmaba la limitación y extendía pasivamente los dedos de los sujetos:

**Tabla 3.2 Protocolo de evaluación de la flexibilidad de Nicholas\***

	<b>Movimientos</b>	<b>Valores normales</b>
Extremidad superior	Rotación lateral del hombro	Chicos: 1,5 – 3,5
	Rotación lateral del hombro y supinación del antebrazo	Chicas: 2,0 – 4,0
	Extensión del codo	
Extremidad inferior	Tocar los dedos de los pies	Chicos: 3,0 – 5,5
	Recurvatum de rodilla	Chicas: 4,5 – 7,0
	Dedo dentro	
	Dedo fuera	
	Posición de loto	

\*Cada arco de movimiento se gradúa desde 0 a 2 en intervalos de 0,5; todos los gráficos de referencia de la evaluación muestran las tres posiciones correspondientes a las puntuaciones 0, 1 y 2.

- En los sujetos normales se espera una extensión completa de las articulaciones interfalángicas proximales.
- Las articulaciones metacarpofalángicas proximales y distales deben extenderse como mínimo 60°.
- Las articulaciones del codo y la muñeca deben exceder, respectivamente, 180° y 70° de la extensión voluntaria máxima.
- Se requiere algún grado de movilidad activo en la flexión plantar del tobillo y en la flexión lateral de la columna cervical y toracolumbar.

La limitación articular se clasifica en cuatro niveles:

1. Ninguna (incluye los datos aislados unilaterales o equívocos).
2. Media (implicación bilateral de una o dos articulaciones interfalángicas, una articulación grande, o tan sólo articulaciones metacarpofalángicas).
3. Moderada (implicación bilateral de tres o más articulaciones interfalángicas o una articulación del dedo y una articulación grande).
4. Grave (limitación moderada combinada con la implicación de la columna cervical u obvia deformidad de la mano en el resto).

Posteriormente, se ha publicado una nueva escala de amplitud del movimiento (ROM) para su utilización en la artritis reumatoide (Len et al. 1999). En este método adimensional para evaluar la movilidad articular, se graduaron 10 movimientos articulares en 4 niveles que iban desde 0 (movimiento completo) hasta 3 (limitación grave). Las puntuaciones estaban asociadas inversamente a la capacidad para realizar las actividades básicas de la vida diaria (Len et al. 1999). Es bastante posible que cada uno de los métodos adimensionales tratados aquí se adapten mejor a la valoración de poblaciones específicas.

Hay métodos de evaluación de la flexibilidad que no proporcionan los valores en pulgadas o grados. Son los llamados adimensionales y entre ellos se incluyen los métodos de Carter-Wilkinson, Beighton-Hóran, Nicholas y Rosenbloom.

## Instrumentos y aparatos

La valoración de la flexibilidad puede realizarse de muchos modos, desde la apreciación visual de la ROM hasta el uso riguroso de instrumentos sofisticados. Se revisa aquí brevemente las contribuciones más significativas para el desarrollo de los instrumentos y aparatos utilizados en la valoración de la flexibilidad y de la ROM.

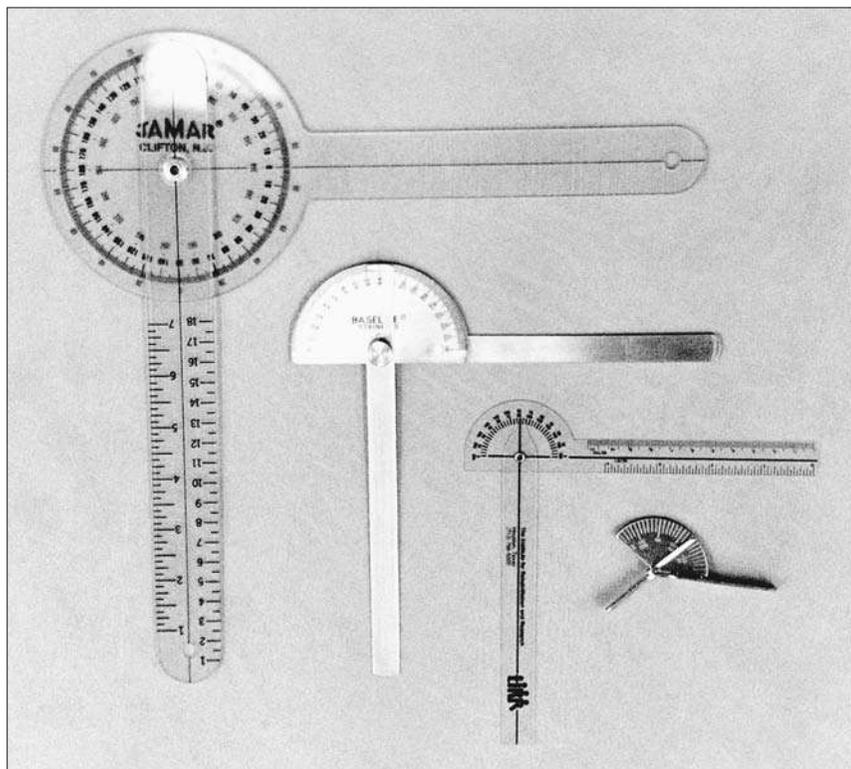
Para los métodos angulares de evaluación de la flexibilidad, el goniómetro –un aparato que mide los ángulos entre segmentos óseos (figura 3.2)- es el más utilizado. El origen del goniómetro es literalmente desconocido (Moore 1949a), pero se mencionó por primera vez en trabajos publicados a principios de los años 1920 (Albee y Gilliland 1920; Gilliland 1921; Conwell 1925). Se puede encontrar en cualquier parte descripciones completas y detalladas y dibujos de goniómetros utilizados hasta 1940 (Wiechec y Krusen 1939). El goniómetro es básicamente un transportador de plástico o metal que tiene en el centro dos brazos o proyecciones delgadas y largos. Uno o ambos brazos son móviles, de modo que puede colocarse paralelo a los brazos de la palanca anatómica de las articulaciones (Moore 1949a).

Existen distintos criterios de clasificación para los goniómetros (Moore 1949a; Cole 1982). De acuerdo con Moore (1949a), hay dos tipos básicos de goniómetros:

- Universal (para la medición de ángulos en distintas articulaciones)
- Específico (diseñado para medir un movimiento articular determinado)

Esta simple clasificación ha sido actualizada por Borms y Van Roy (1996) para definir los cinco tipos principales de aparatos de medición de ángulos:

- Goniómetro transportador (Cornbleet y Woolsey 1996)
- Inclinómetro (Cornbleet y Woolsey 1996; Saur et al. 1996)
- Hidrómetro (Clayson et al. 1962; Clarkson 1999)



**Figura 3.2** Goniómetro.

Reimpreso, con permiso, desde P.J.Maud y C.Foster, 1995, *Physiological assessment of human fitness*, (Champaign, IL: Human Kinetics Publishers), 227.

- Goniómetro pendular (Leighton 1956)
- Electrogoniómetro (Karpovich y Karpovich 1959; Finley y Karpovich 1964; Kettelkamp et al. 1970; Adrian 1973; Hershler y Milner 1980a, 1980b)

La mayoría de las mediciones angulares en la muñeca, codo, tobillo, rodilla y cadera se realizan con goniómetros transportadores, mientras que el inclinómetro y la “burbuja” o hidrómetro, son más frecuentemente utilizados en evaluaciones del tronco y el cuello. El tipo péndulo, ejemplificado por el flexómetro de Leighton (Leighton 1956), realiza mediciones de ángulos en casi todas las grandes articulaciones, así como de los movimientos del tronco. El uso de electrogoniómetros está restringido en gran medida a laboratorios sofisticados clínicos o de investigación (Hershler y Milner 1980a, 1980b).

Unos pocos estudios han presentado goniómetros modificados o aparatos similares, la mayoría de los cuales han sido fabricados a medida para unas necesidades muy específicas (Wainerdi 1952; Schenker 1956; Noer y Pratt 1958; Buck et al. 1959; Weiss 1964; Clayson, Mundale y Kottke 1966; Wagner 1977; Siegler et al. 1996; Danis y

Mielenz 1997), aunque uno intentó mejorar la legibilidad del transportador (Wilmer y Elkins 1947). Considerando la complejidad y la relevancia clínica de los movimientos del cuello, no es sorprendente que muchos estudios hayan propuesto técnicas e instrumentos de medición de su movilidad (Buck et al. 1959; Kadir et al. 1981; Pellecchia y Bohannon 1998). Ellis et al. (1979) adoptaron un enfoque interesante utilizando un goniómetro muy ligero que se fijaba rígidamente en el cuerpo del sujeto, que era filmado con una cámara de alta velocidad para medir la función de la cadera mientras caminaba.

Un flexómetro es un dial ponderado a 360° y un señalizador ponderado montado en una caja, operando ambos libre e independientemente de acuerdo con la fuerza de la gravedad (figura 3.3). El dial y el señalizador están provistos de pulsadores de bloqueo independientes, lo que hace posible detener su movimiento en cualquier posición (Leighton 1956). Los flexómetros disponibles en el mercado se fijan normalmente al segmento corporal que está siendo evaluado para registrar cualquier movimiento de más de 20° fuera del plano horizontal. Aunque el flexómetro es portátil, de fácil mantenimiento, simple de usar



**Figura 3.3** Flexómetro.

Reimpreso, con permiso, desde P.J.Maud y C.Foster, 1995, *Physiological assessment of human fitness*, (Champaign, IL: Human Kinetics Publishers), 227.

y fiable cuando se utiliza correctamente, su uso habitual por parte de educadores físicos en colegios y en ámbitos de la salud y el fitness ha sido notablemente bajo.

Para los métodos lineales y adimensionales de evaluación de la flexibilidad, la instrumentación es limitada o inexistente. Wells y Dillon (1952) propusieron un banco con dimensiones predeterminadas y una regla ajustada para el test *sit-and-reach*, y éstos se utilizan todavía hoy en la mayoría de los laboratorios. Para algunos otros protocolos lineales, sólo son necesarias una vara de medición o cintas graduadas (Cureton 1941; Johnson y Nelson 1979). Los métodos adimensionales en general no dependen de aparatos; a veces requieren únicamente gráficos de referencia o formas de evaluación impresas. Por otro lado, se necesitan aparatos muy sofisticados y complejos para la evaluación de la flexibilidad dinámica, en la que son registrados y analizados el torque (momento) y el desplazamiento rotatorio respecto a las curvas de rigidez articular y los patrones de histéresis correspondientes (Wright y Johns 1960; Wright y Johns 1961).

# Parte II

## **Principios y administración del flexitest**

**Capítulo 4** *El método  
del flexitest*

**Capítulo 5** *La práctica del flexitest*

**Capítulo 6** *El análisis del flexitest*



# Capítulo 4

## El método del flexitest

En la parte I de este libro, la introducción, hemos presentado una visión general de la evaluación de la flexibilidad y de los aspectos clínicos de la fisiología, así como una revisión comprehensiva e histórica de los métodos lineales, angulares y adimensionales, más comúnmente utilizados. Además, hemos introducido nuestro propio sistema de clasificación de 18 criterios para los métodos de evaluación de la flexibilidad. La parte II trata de nuestro método de evaluación denominado flexitest, el principal foco de atención del libro. En este capítulo se describe el método del flexitest y se presentan los mapas de evaluación.

### Principios generales

La flexibilidad es reconocida como un importante componente de la forma física, y las rutinas específicas para mantener o mejorar los niveles de flexibilidad están incluidas en muchos de los programas de ejercicio diseñados para una o más de las distintas poblaciones de ejercicio. A pesar de su importancia desconocida, y en contraste con los componentes aeróbicos y de fuerza del ejercicio, los datos que tratan de las mejores vías para entrenar o mejorar la flexibilidad son limitados. Son todavía más inusuales las rutinas sofisticadas y científicamente validadas para valorar la flexibilidad, probablemente debido, en parte, a las deficiencias de los métodos de valoración de la flexibilidad. Es, en este contexto, donde el flexitest colma una especial necesidad tanto en la investigación como en la práctica.

La primera versión del flexitest fue propuesta por Roberto Pável y yo mismo cuando trabajábamos juntos —él como entrenador y yo como fisiólogo— en un equipo de competición de natación durante los últimos años de la década de 1970. Este capítulo presenta la segunda y más reciente versión del protocolo de medición y valoración e incluye los mapas de evaluación, que fueron rediseñados en 1986 y utilizados en mi tesis doctoral en 1987 (Araújo 1987).

El flexitest ha sido incluido en los currículos de los estudiantes y postgraduados de educación física desde 1980 y se ha enseñado también en cursos de entrenamiento para profesionales de la educación física. Las investigaciones que incorporan el flexitest se han presentado en muchos congresos nacionales e internacionales, y han aparecido en varios idiomas en una amplia variedad de publicaciones internacionales en forma de artículos originales, disertaciones y tesis sobre la flexibilidad (Araújo 1983, 1986, 1987, 1999b, 1999c, 2001; Araújo y Haddad 1985; Araújo y Perez 1985; Farinatti et al. 1995; Farinatti, Soares y Vanfraechem 1997; Calvalho et al. 1998; Farinatti et al. 1998; Araújo, Pereira y Farinatti 1998; Coelho y Araújo 2000; Silva, Palma y Araújo 2000; Chaves, Araújo y Araújo 2001). El flexitest se ha presentado formalmente en muchos países, incluidos los Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Alemania, Eslovaquia, Puerto Rico, Argentina, Uruguay, Paraguay, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Barbados. Tras estas publicaciones y presentaciones científicas, y después de ser aplicado con éxito en casi 100 deportistas brasileños que se preparaban para los Juegos Olímpicos de 1988, el flexitest empezó a ser utilizado con asiduidad en un gran número de centros de fitness, gimnasios, escuelas y clubes. En la última década, el flexitest ha sido adoptado por los médicos de la medicina del deporte y el ejercicio para utilizarlo en sus clínicas y consultas y por los militares brasileños para la valoración de la flexibilidad del personal activo.

De acuerdo con nuestro sistema de clasificación de 18 criterios de valoración de la flexibilidad, el flexitest es una prueba *adimensional* porque sus resultados se presentan como puntos, sin valores lineales ni angulares. El método implica la medición y valoración máxima pasiva de la amplitud del movimiento (ROM) de 20 movimientos articulares del cuerpo (36 si consideramos la bilateralidad), incluidos principalmente los movi-

mientos articulares del tobillo, la rodilla, la cadera, el tronco, la muñeca, el codo y el hombro. Se realizan ocho movimientos de las extremidades inferiores, tres del tronco y los nueve restantes de las extremidades superiores. Los movimientos se

registran utilizando números romanos en una perspectiva de distal a proximal. La tabla 4.1 presenta las articulaciones evaluadas y las descripciones cinesiológicas simplificadas de los 20 movimientos que constituyen el flexitest.

**Tabla 4.1 Descripción cinesiológica de los 20 movimientos del flexitest**

Movimiento	Descripción cinesiológica
I	Dorsiflexión del tobillo
II	Flexión plantar del tobillo
III	Flexión de la rodilla
IV	Extensión de la rodilla
V	Flexión de la cadera
VI	Extensión de la cadera
VII	Aducción de la cadera
VIII	Abducción de la cadera
IX	Flexión del tronco
X	Extensión del tronco
XI	Flexión lateral del tronco
XII	Flexión de la muñeca
XIII	Extensión de la muñeca
XIV	Flexión del codo
XV	Extensión del codo
XVI	Aducción posterior del hombro desde abducción de 180°
XVII	Aducción posterior o extensión del hombro
XVIII	Extensión posterior del hombro
XIX	Rotación lateral del hombro con abducción de 90° y flexión del codo de 90°
XX	Rotación medial del hombro con abducción de 90° y flexión del codo de 90°

## Descripción de los movimientos y mapas de evaluación

Esta sección presenta con detalle el método del flexitest y sus mapas de evaluación, incluidas las descripciones completas de los 20 movimientos. Para cada movimiento se detalla cuidadosamente una descripción cinesiológica y las posiciones apropiadas tanto del sujeto evaluado como del evaluador. También se aportan comentarios adicionales y sugerencias, haciendo el proceso de evaluación más simple y fiable. Es extremadamente importante el seguimiento completo del método tal y como lo presentamos para conseguir una evaluación y una utilización de los datos del flexitest correctas. Las descripciones ofrecidas en este capítulo deben ser utilizadas juntamente con y como complemento de los mapas de evaluación (figuras 4.1 a 4.20).

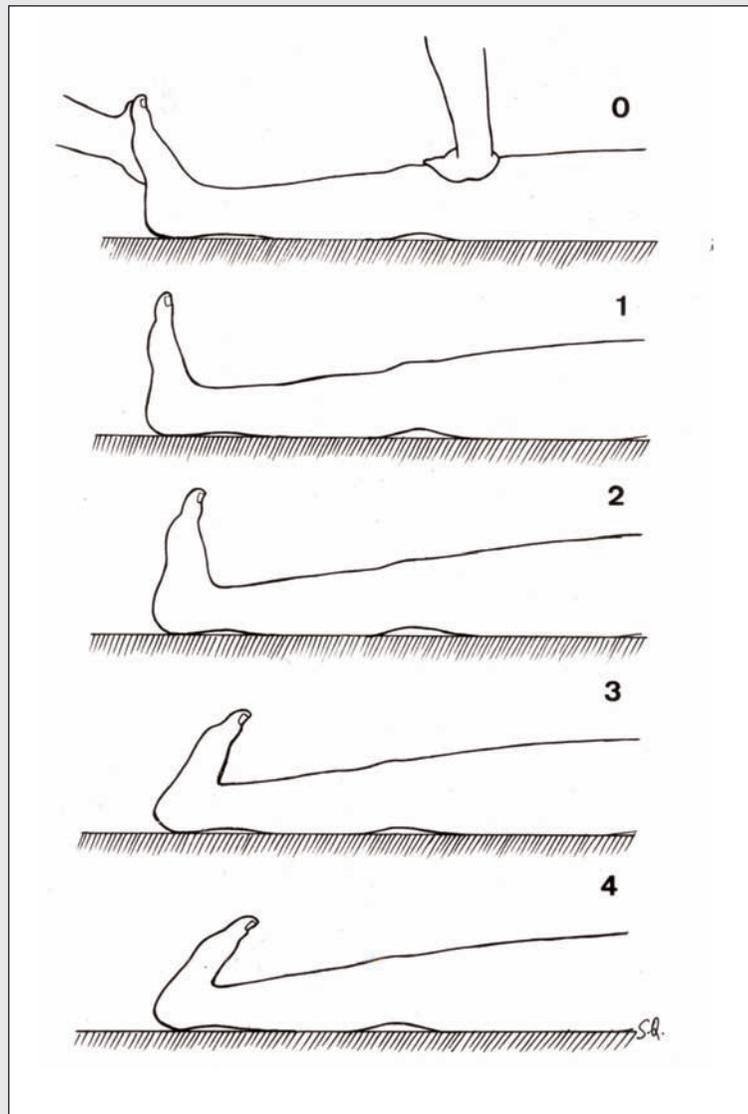
Cada movimiento está graduado progresivamente desde 0 hasta 4 de acuerdo con la magnitud de la ROM obtenida, como se muestra en la figura que acompaña cada movimiento. La medición se toma pasivamente mientras el movimiento es realizado lenta y gradualmente hasta alcanzar la ROM máxima. Ésta es fácil de identificar por una alta resistencia mecánica o por las molestias del sujeto. La definición de flexibilidad hace referencia a la ROM fisiológica –lo que significa que la amplitud máxima no causa lesiones– de modo que debe tenerse en cuenta la comodidad del sujeto evaluado. Si se realiza de este modo, se reducirán espectacularmente los accidentes o lesiones durante la aplicación del test. Una vez el sujeto ha alcanzado su máxima amplitud, se compara con el mapa de evaluación dibujado para cada uno de los 20 movimientos.

Se designa entonces un grado numérico basado en el valor mostrado en el mapa de eva-

luación que corresponde a la ROM máxima obtenida. Por ejemplo, cuando la amplitud del movimiento del sujeto alcanza la posición 1 en el mapa, se obtiene 1 punto hasta que el movimiento del sujeto alcanza el nivel correspondiente a la puntuación 2 en el mapa de evaluación, y así continuamente. No existen valores

fraccionados o intermedios. Es importante saber que se da un punto adicional únicamente cuando el sujeto alcanza la amplitud especificada para la puntuación. Incluso si el grado de movilidad está muy cercano a la puntuación próxima más alta, debe valorarse en la más pequeña, es decir, la puntuación ya conseguida.

## Movimiento I



**Figura 4.1** Dorsiflexión del tobillo.

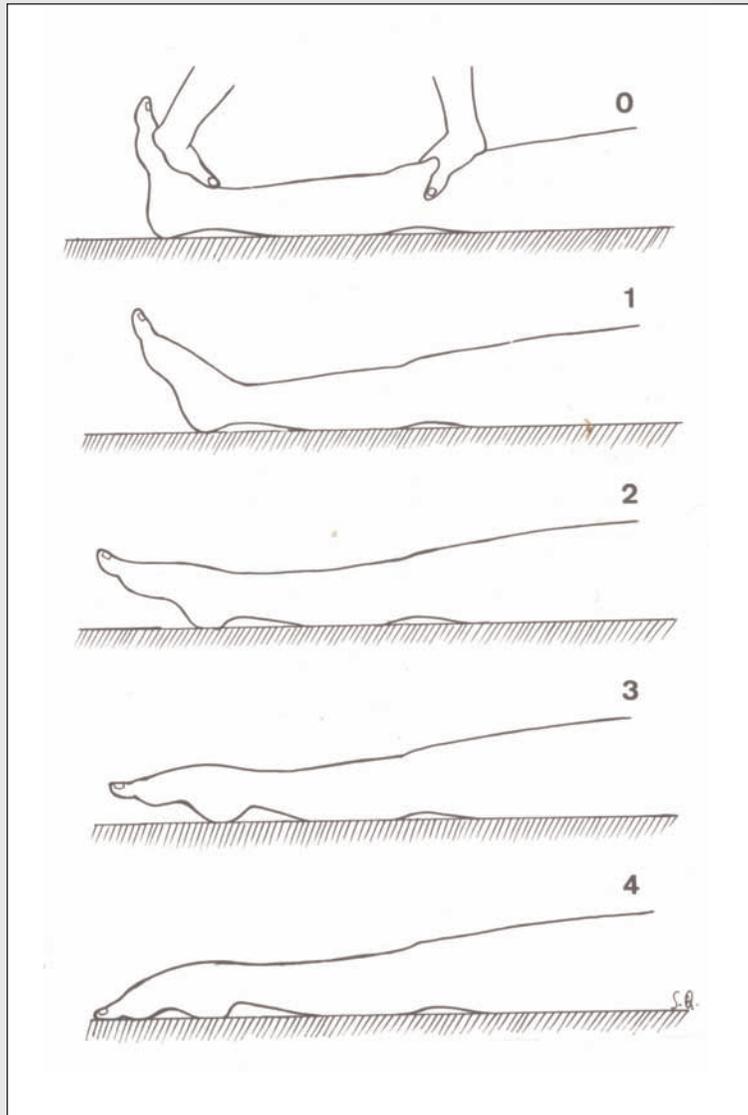
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición supina o sentado en el suelo con la pierna derecha relajada y completamente extendida.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese perpendicular al sujeto. Coloque su mano derecha encima de la rodilla derecha del sujeto. Empuje el pie derecho del sujeto dorsalmente con la mano izquierda, flexionando el tobillo mediante la presión contra la región metatarsiana mientras mantiene un ángulo recto entre su mano y el pie del sujeto.

\***Comentarios:** Es importante eliminar la resistencia muscular al movimiento del sujeto. Alcanzar un ángulo recto entre el pie y el gemelo implica una puntuación de 1.

\*\***Sugerencias:** Es común que el talón se eleve del suelo durante la ejecución, pero esto no debería afectar a la evaluación. Indique al sujeto que flexione la rodilla izquierda de modo natural para aclarar la visión de la pierna derecha.

## Movimiento II



**Figura 4.2** Flexión plantar del tobillo.

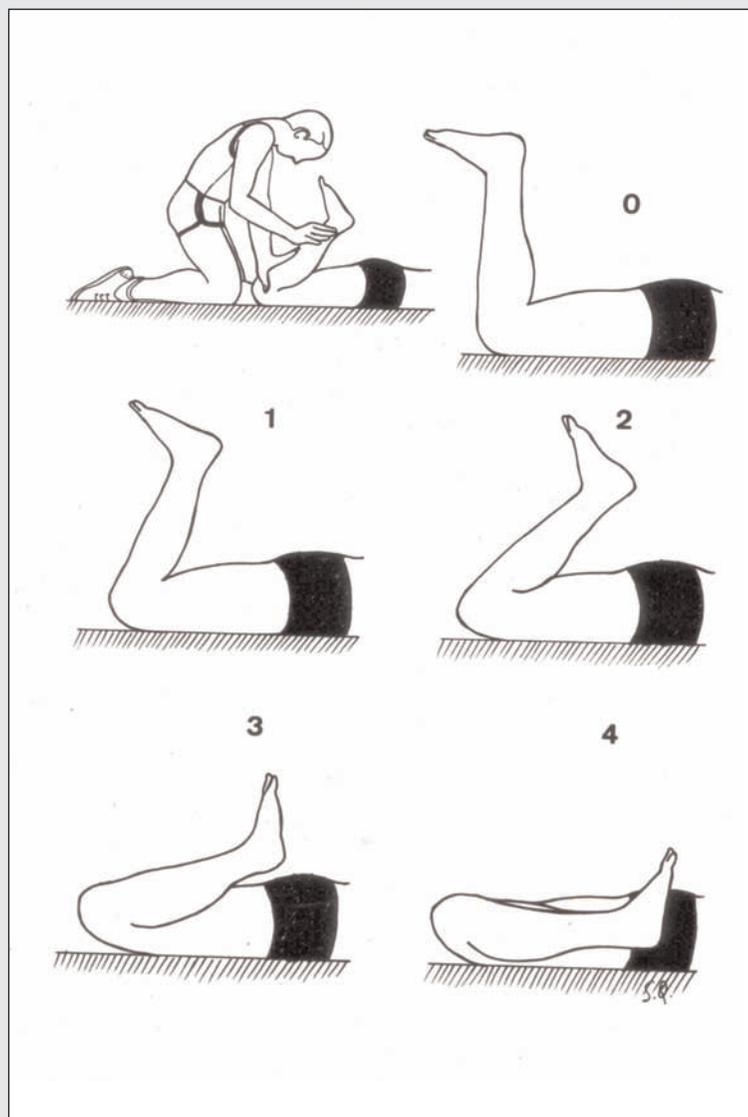
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición supina o sentado en el suelo con la pierna derecha relajada y completamente extendida.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese perpendicular al sujeto. Coloque la mano derecha encima de la rodilla derecha del sujeto. Coloque la mano izquierda en la región anterior del pie derecho del sujeto para producir la flexión plantar del tobillo.

\***Comentarios:** La posición de los dedos del sujeto no es relevante para la medición. Se obtiene una puntuación de 4 cuando la región metatarsiana toca el suelo.

\*\***Sugerencias:** Hay que prestar atención a mantener la rodilla derecha del sujeto completamente extendida.

## Movimiento III



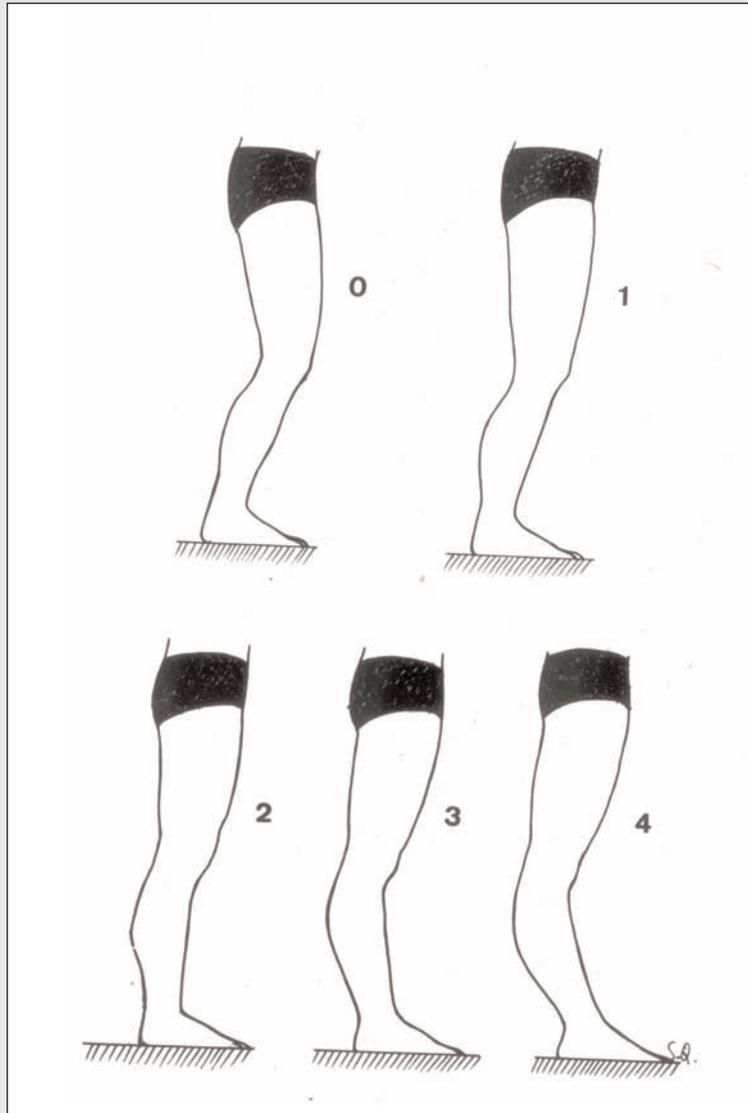
**Figura 4.3** Flexión de la rodilla.

- ▶ **Posición del sujeto:** Tumbado en posición prona en el suelo con los brazos estirados por encima de la cabeza y la rodilla derecha flexionada.
- ▶ **Posición del evaluador:** Arrodílese al lado de la pierna izquierda del sujeto y coloque ambas manos en la espinilla derecha del sujeto para realizar una flexión de la rodilla derecha.

**\*Comentarios:** No es necesario que la parte posterior del muslo y la pantorrilla se toquen para puntuar 3. Para puntuar 4 es necesario dislocar suavemente la pantorrilla lateralmente en relación con el muslo, lo cual debe realizarse muy lenta y cuidadosamente para evitar lesiones ligamentosas en la estructura de la rodilla (para obtener una puntuación de 4 no estamos haciendo un movimiento natural, es casi una dislocación).

**\*\*Sugerencias:** No tenga en consideración la posición del pie derecho del sujeto cuando evalúe el movimiento. Esté atento a la tensión espástica de los músculos anteriores que a menudo limitan la flexibilidad de la rodilla, especialmente en sujetos mayores y sedentarios.

## Movimiento IV



**Figura 4.4** Extensión de la rodilla.

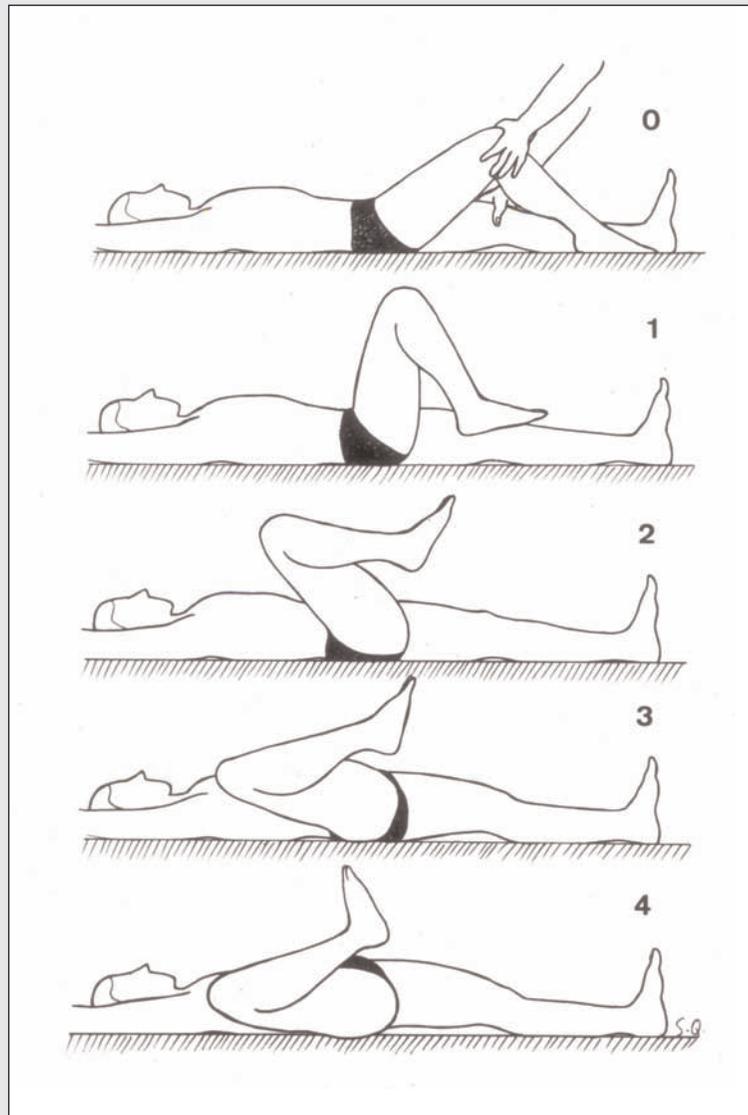
► **Posición del sujeto:** De pie con los pies juntos y forzando la extensión de la rodilla sin anteversar la cadera.

► **Posición del evaluador:** Véase comentarios.

\***Comentarios:** Aunque este movimiento es tan simple que la mayoría de los sujetos pueden realizarlo fácilmente sin asistencia, a veces es apropiado ayudar a empujar el muslo justo por encima de la rodilla derecha con la mano. Preste especial atención a evitar movimientos de cadera concomitantes.

\*\***Sugerencias:** La posición neutra corresponde a la puntuación de 2. Una puntuación de 4 se denomina clínicamente *genu recurvatum*.

## Movimiento V



**Figura 4.5** Flexión de la cadera.

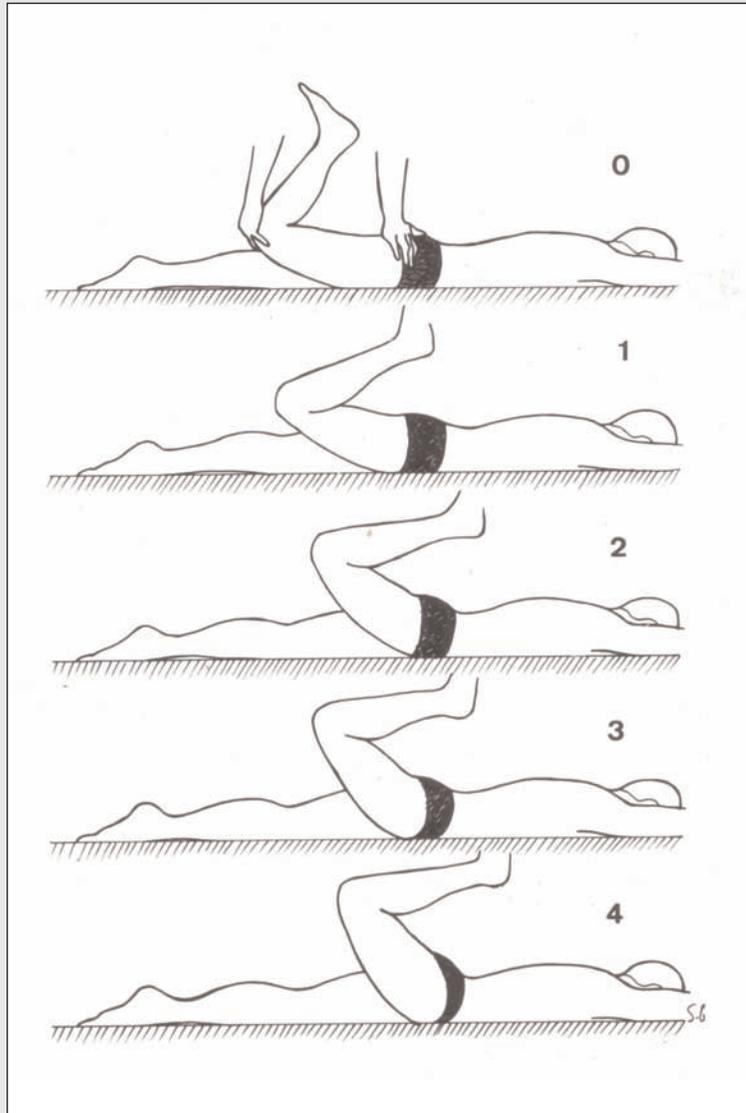
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición supina en el suelo con los brazos estirados por encima de la cabeza, la pierna izquierda extendida y la rodilla derecha parcialmente flexionada.

► **Posición del evaluador:** De pie, mantenga la pierna izquierda del sujeto extendida contra el suelo mediante la presión firme de la cresta ilíaca con su mano derecha mientras realiza la flexión de la cadera del sujeto con la mano izquierda sobre la espinilla derecha del sujeto.

\***Comentarios:** En algunos casos, por conveniencia, puede utilizar su peso corporal para ayudar a que el sujeto alcance una amplitud del movimiento (ROM) pasiva máxima. Una puntuación de 3 ó 4 puede obtenerse únicamente si se permite alguna abducción de la cadera simultáneamente, aunque sea mínima.

\*\***Sugerencias:** Es muy importante evitar la rotación de la cadera o el desplazamiento contralateral de la pelvis, lo cual puede ser fácilmente detectado mediante la observación de la nalga izquierda elevándose del suelo o por la imposibilidad de mantener la cresta ilíaca izquierda fija.

## Movimiento VI



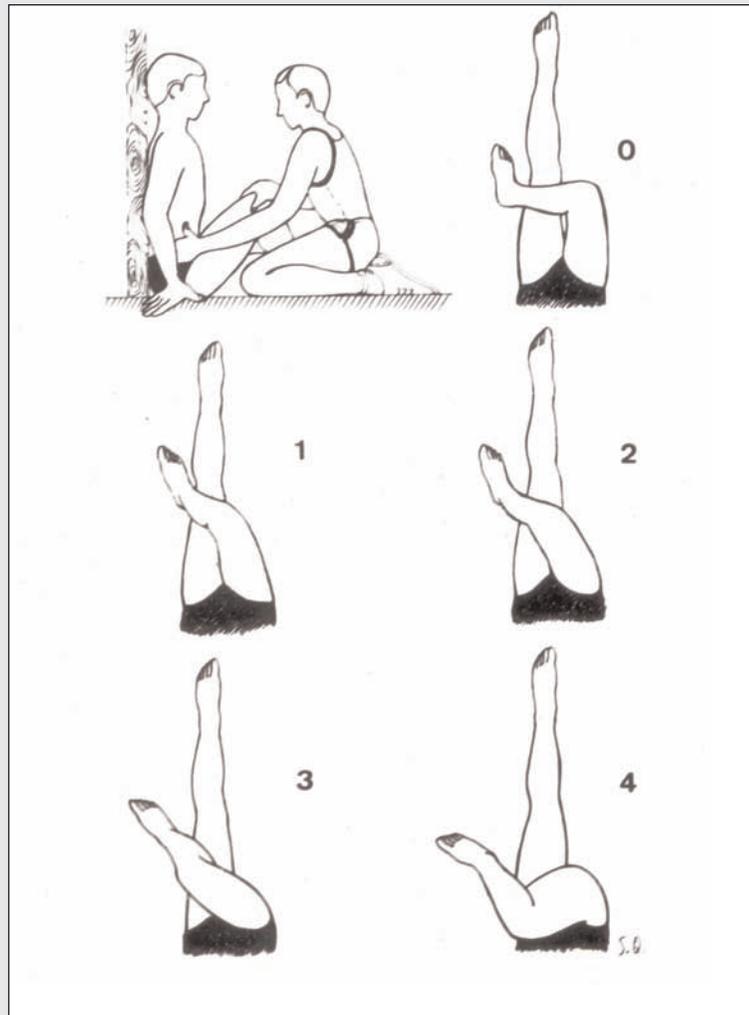
**Figura 4.6** Extensión de la cadera.

- ▶ **Posición del sujeto:** La misma que en el movimiento III.
- ▶ **Posición del evaluador:** Arrodílese al lado del sujeto y realice una extensión de la cadera derecha colocando la mano izquierda debajo de la rodilla derecha del sujeto mientras empuja la cadera derecha del sujeto contra el suelo, impidiendo el movimiento con la palma de la mano derecha.

\***Comentarios:** El problema más importante al realizar este movimiento es evitar que el sujeto eleve la iliaca derecha. De nuevo, no hay que considerar la posición del pie durante la evaluación de la ROM de la cadera.

\*\***Sugerencias:** Pida al sujeto que empiece el movimiento para facilitar su trabajo.

## Movimiento VII



**Figura 4.7** Aducción de la cadera.

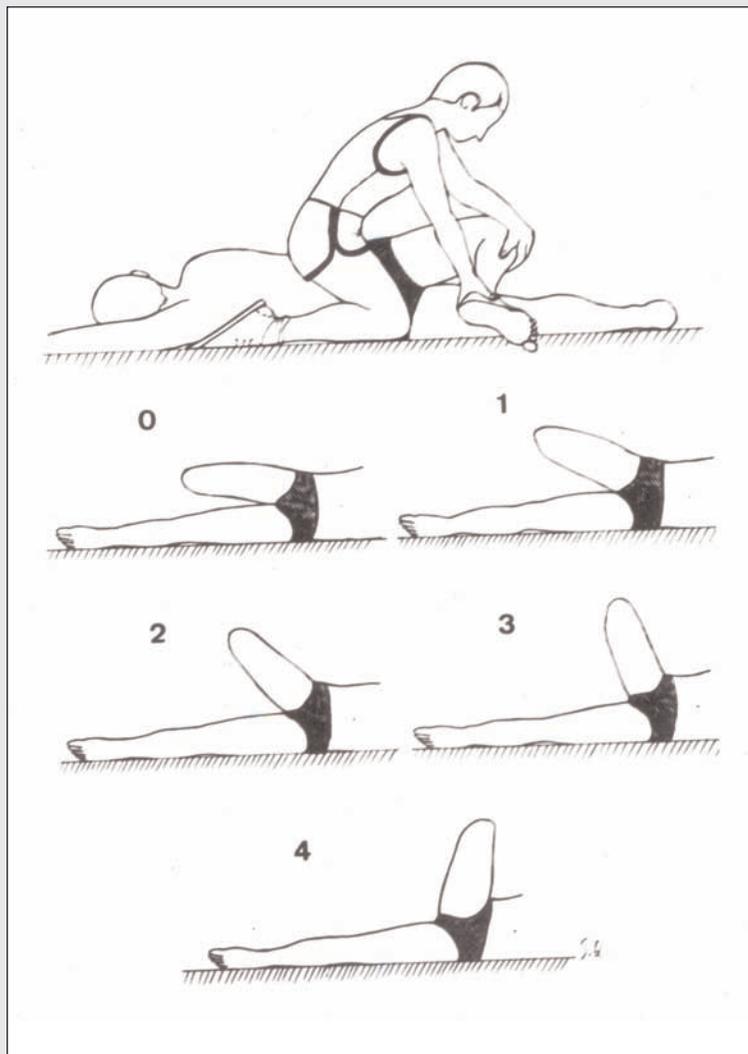
► **Posición del sujeto:** Sentado en el suelo con el tronco y la región lumbar mantenidos lo más erguidos posible, la pierna izquierda completamente extendida, la rodilla derecha flexionada aproximadamente unos 90° y realizar la aducción de la cadera.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese enfrente del sujeto y utilice la mano izquierda para mantener la cadera derecha del sujeto de modo que no rote mientras realiza la aducción de la cadera mediante la colocación de su mano derecha en la parte lateral y distal del muslo derecho del sujeto.

\***Comentarios:** Es de extrema importancia evitar que el sujeto rote la cadera derecha. El pie derecho del sujeto seguirá el movimiento de la pierna de modo natural, pero no es relevante para la evaluación del ROM. Cuando la rodilla derecha del sujeto alcance la línea media corporal, se obtiene una puntuación de 2, mientras que en una puntuación de 4 debe haber contacto completo entre el lado medial del muslo y el pecho del sujeto.

\*\***Sugerencias:** Mantenga la espalda del sujeto en contacto con la pared o utilice su pierna izquierda como soporte. Alternativamente, puede pedir al sujeto que ponga sus manos al lado de las caderas para aguantar el tronco y ayudar a mantener la columna vertebral erguida.

## Movimiento VIII



**Figura 4.8** Abducción de la cadera.

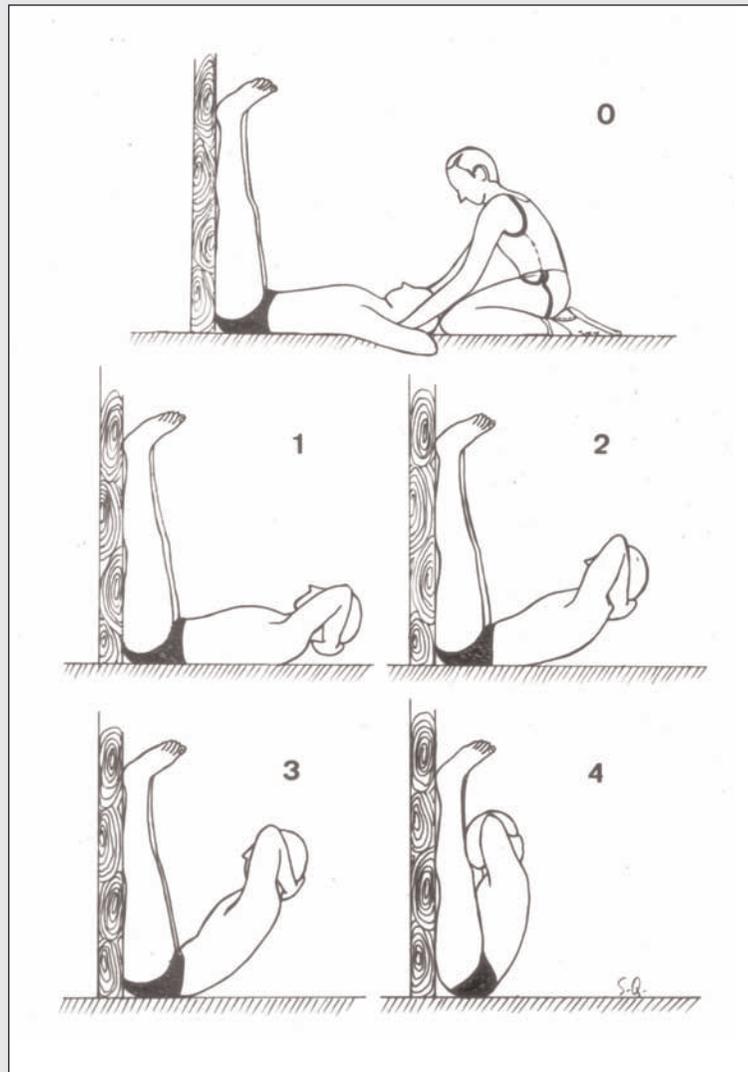
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición lateral con los brazos extendidos por encima de la cabeza. La pierna izquierda está completamente extendida y la pierna derecha, con la rodilla doblada y el pie en posición natural, se alinea con el eje corporal.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese al lado del sujeto para realizar la abducción de la cadera. Presione la mano derecha contra la cresta ilíaca derecha del sujeto para evitar la rotación de la cadera mientras trae la pierna derecha del sujeto hacia el tronco en un plano frontal con la mano izquierda.

\***Comentarios:** Alcanzar un ángulo recto entre el tronco y el muslo derecho corresponde a una puntuación de 3. Preste especial atención para evitar cualquier rotación mínima, que podría incrementar significativamente la ROM.

\*\***Sugerencias:** Para minimizar la rotación de la cadera derecha, insista en que el sujeto mantenga su pierna izquierda completamente extendida.

## Movimiento IX



**Figura 4.9** Flexión del tronco.

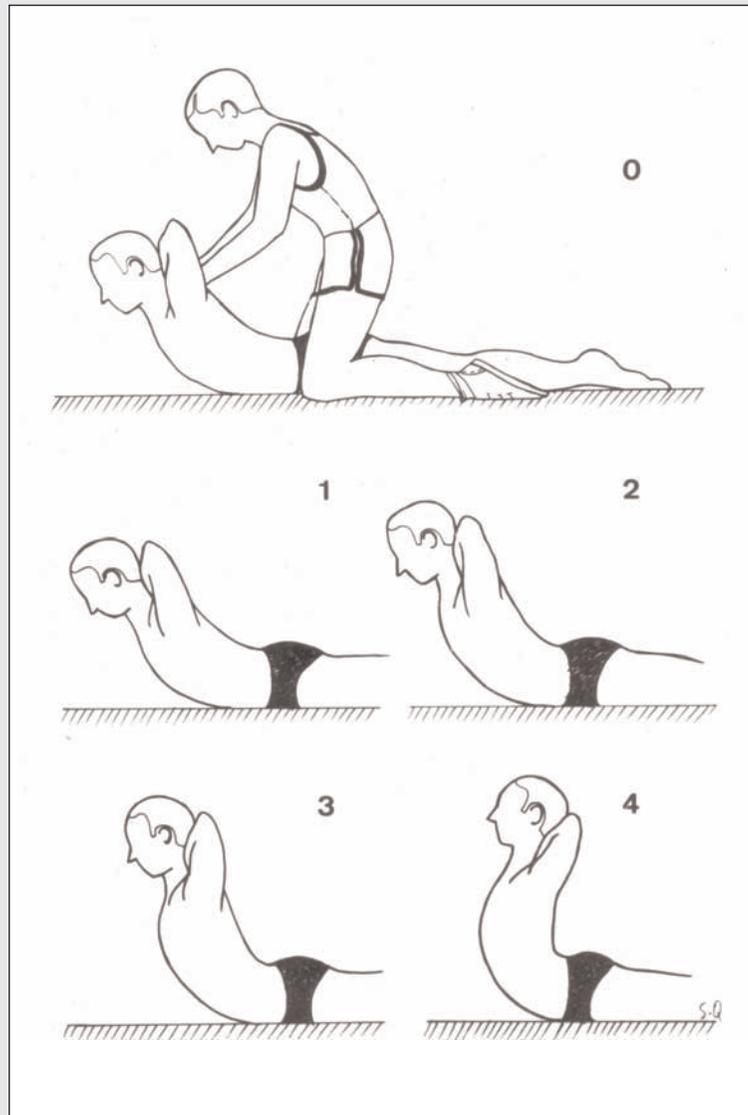
► **Posición del sujeto:** Sentado con las piernas completamente extendidas y realizando un ángulo recto con el tronco. Los brazos flexionados y las manos juntas detrás del cuello.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese detrás del sujeto y coloque las palmas de ambas manos debajo de los hombros del sujeto con sus brazos en posición supina.

\***Comentarios:** Es obligatorio que las nalgas del sujeto se mantengan en contacto con el suelo y que las rodillas estén completamente extendidas durante la medición. Cuando el movimiento se realiza en posición sentada, tal y como nosotros recomendamos, permanezca detrás del sujeto y empuje su tronco hacia las piernas. Si el sujeto no puede alcanzar la posición inicial sin flexionar las rodillas, la medición es de 0. Cuando se observa sólo un movimiento cervical, la puntuación es de 1, pero, si existe movimiento lumbar, la puntuación es como mínimo de 3. Una puntuación de 4 se consigue cuando el tronco y el muslo anterior están completamente superpuestos.

\*\***Sugerencias:** Pida al sujeto que inicie el movimiento de flexión del tronco para reducir sustancialmente su esfuerzo. No se distraiga por la movilidad de la cabeza o cervical; la evaluación debe considerar primeramente las regiones torácica y lumbar de la columna.

## Movimiento X



**Figura 4.10** Extensión del tronco.

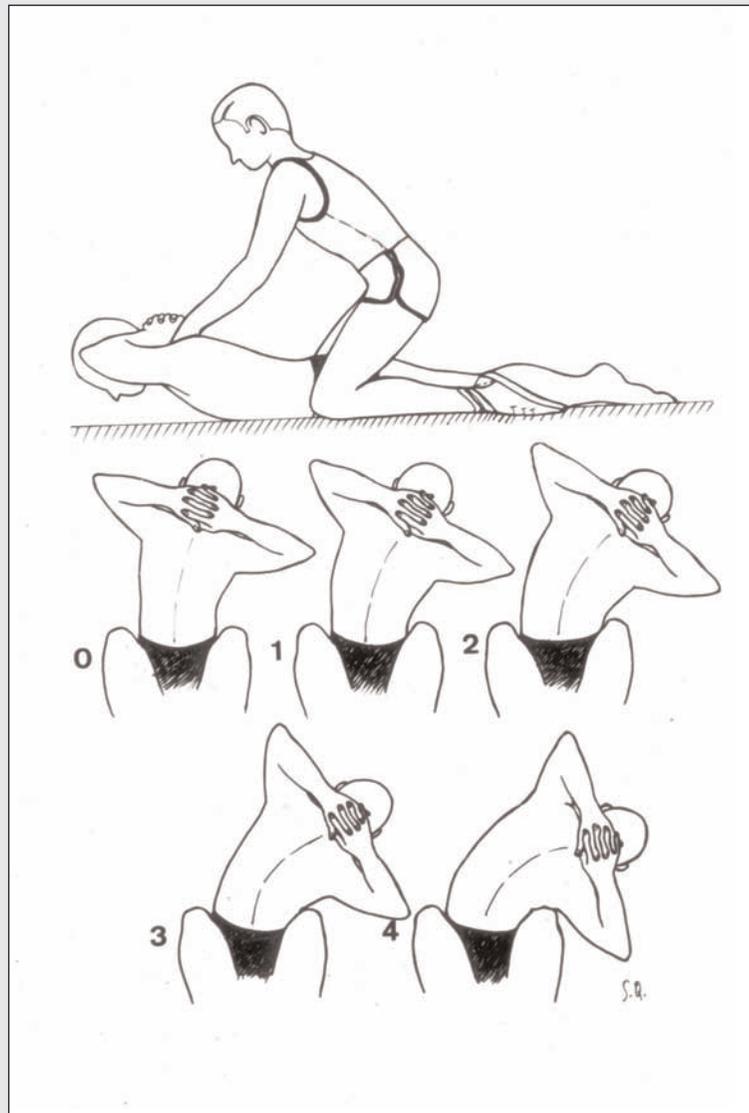
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición prona con ambas piernas extendidas con las manos detrás del cuello.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese o póngase de pie con el tronco parcialmente flexionado y mantenga el cuerpo del sujeto entre sus rodillas o pies. Ejecute la extensión del tronco del sujeto con sus manos colocadas encima de los hombros del sujeto.

\***Comentarios:** Tal y como se ha sugerido en el movimiento IX, pida al sujeto que inicie activamente el movimiento. Para la evaluación fijese en la extensión del tronco para evitar los potenciales efectos de confusión y distracción de la posición de la cabeza y los brazos.

\*\***Sugerencias:** Teniendo sus pies en contacto con el área de la cadera lateral del sujeto podrá detectar más fácilmente si la cresta ilíaca se eleva del suelo; o, coloque un espejo en una pared lateral para controlar el movimiento.

## Movimiento XI



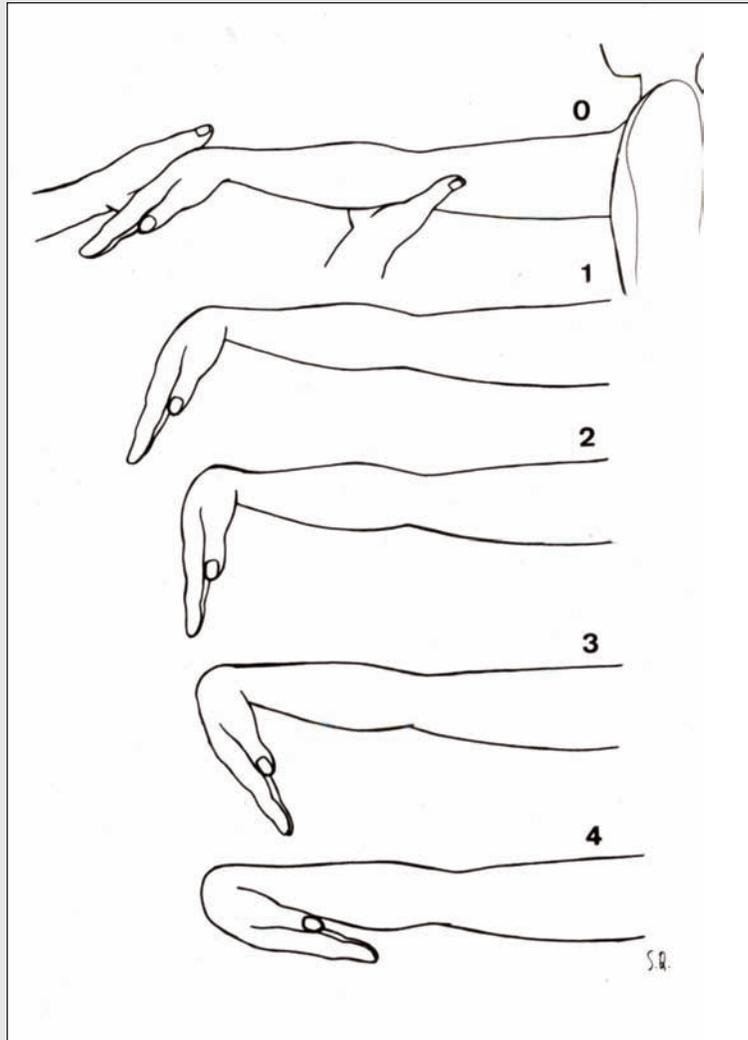
**Figura 4.11** Flexión lateral del tronco.

- ▶ **Posición del sujeto:** La misma que en el movimiento X.
- ▶ **Posición del evaluador:** La misma que en el movimiento X, pero coloque la mano derecha sobre el brazo derecho del sujeto para realizar más fácilmente la flexión lateral del tronco.

**\*Comentarios:** El sujeto debe realizar el movimiento sin la extensión de la columna. Por ejemplo, su pecho debe separarse mínimamente del suelo.

**\*\*Sugerencias:** Como hemos mencionado previamente en los dos movimientos del tronco, pida al sujeto que inicie el movimiento. Observe también la curvatura de la columna cuando la espalda del sujeto esté desnuda para una mejor valoración.

## Movimiento XII



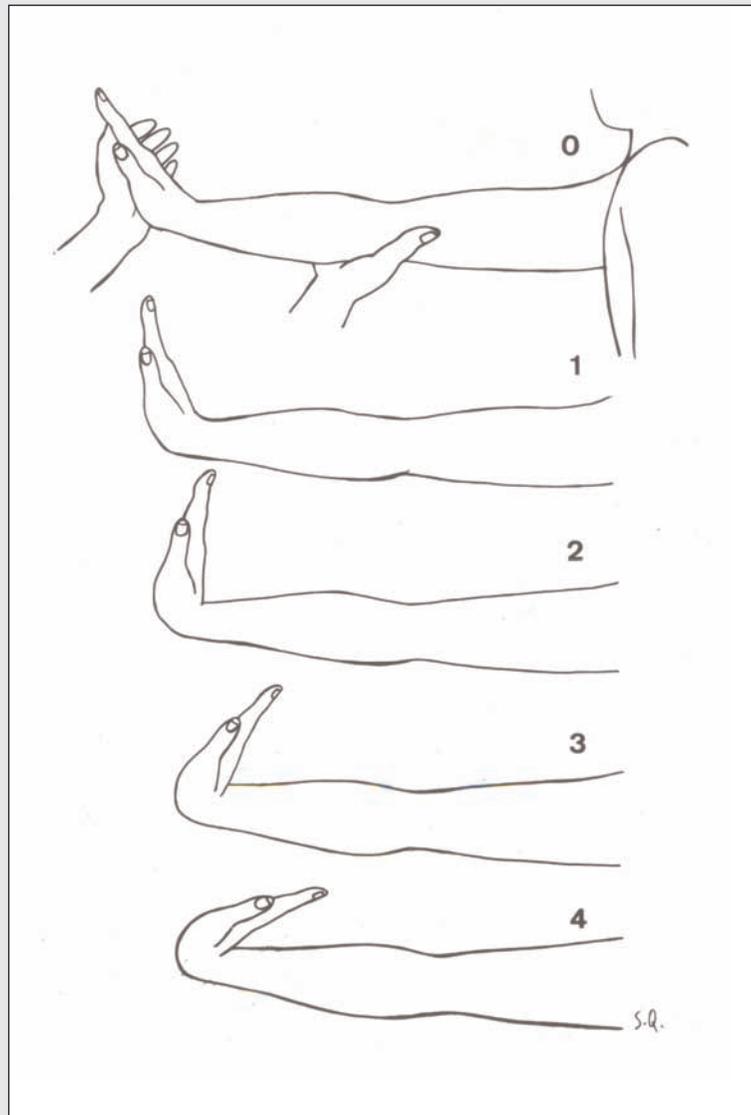
**Figura 4.12** Flexión de la muñeca.

- ▶ **Posición del sujeto:** De pie con el brazo y el codo derechos extendidos hacia delante en posición prona (en ángulo recto con el eje longitudinal principal del cuerpo).
- ▶ **Posición del evaluador:** De pie al lado del sujeto (visión medial), y con la mano derecha en posición supina manteniendo el brazo derecho del sujeto completamente extendido, realice la flexión de la muñeca con la mano izquierda; aguante la mano derecha del sujeto colocando su mano sobre la región metacarpiana posterior del sujeto para formar un ángulo recto entre sus manos y las del sujeto.

**\*Comentarios:** No permita que el codo se flexione para obtener una valoración fiable. El brazo del sujeto debe estar extendido enfrente del cuerpo sin abducción del hombro correspondiente. Observe el movimiento desde el lado medial (previamente denominado *interno*) del brazo del sujeto.

**\*\*Sugerencias:** La presión que ejerza para realizar la flexión de la muñeca no debe realizarla sobre los dedos del sujeto pero sí sobre la región metacarpiana. Las posiciones de los dedos no deberían tenerse en cuenta en la evaluación.

## Movimiento XIII



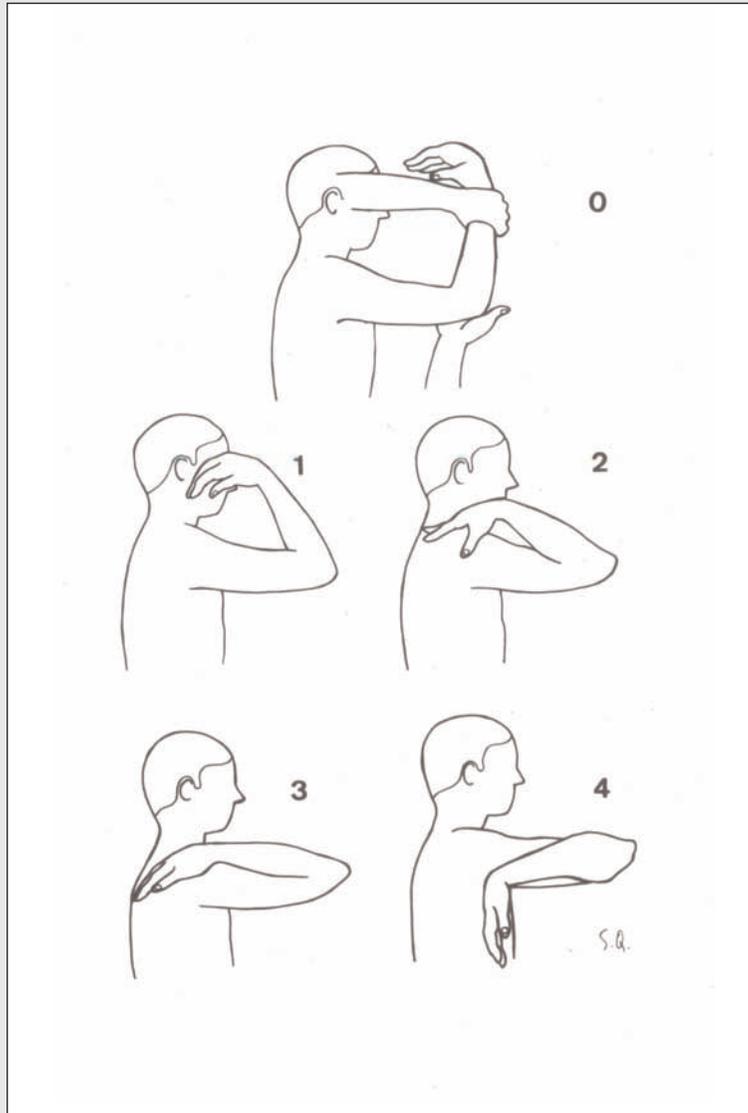
**Figura 4.13** Extensión de la muñeca.

- ▶ **Posición del sujeto:** La misma que en el movimiento XII.
- ▶ **Posición del evaluador:** La misma que en el movimiento XII, pero ahora coloque su mano izquierda sobre el lado anterior de la palma del sujeto para realizar la extensión de la muñeca.

\***Comentarios:** Los mismos que en el movimiento XII.

\*\***Sugerencias:** Cuando el brazo y la mano alcancen un ángulo recto la puntuación será de 2.

## Movimiento XIV



**Figura 4.14** Flexión del codo.

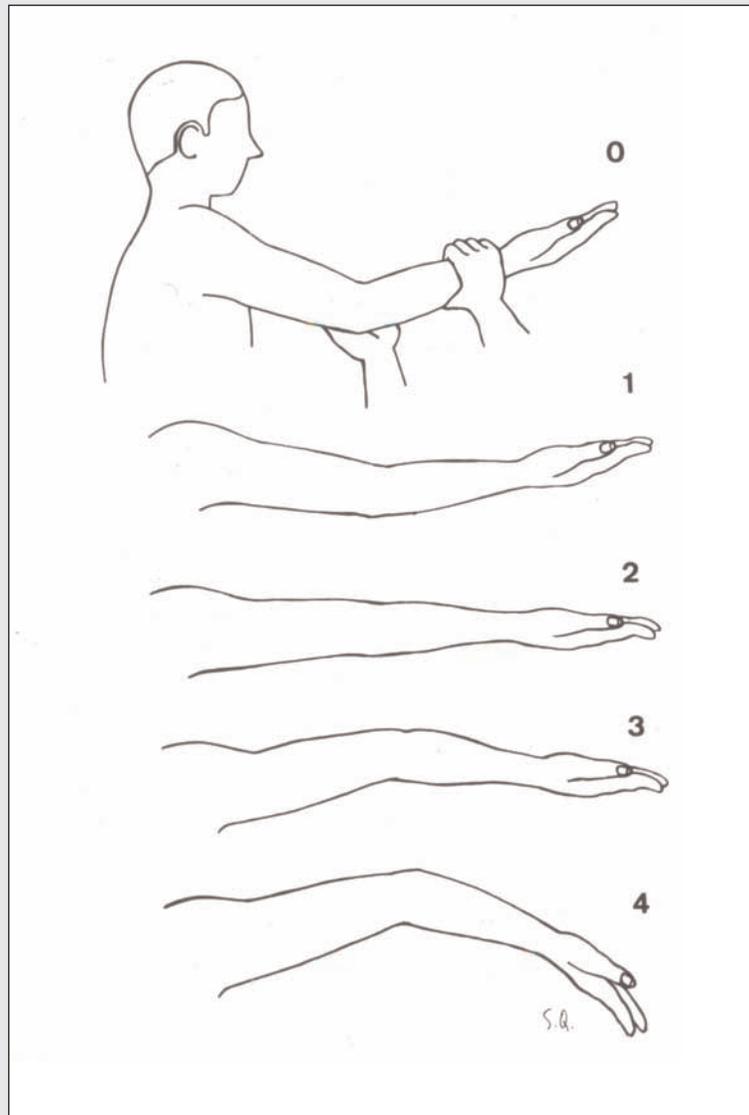
► **Posición del sujeto:** La misma que en los movimientos XII y XIII, exceptuando que ahora el codo derecho está flexionado.

► **Posición del evaluador:** La misma que en los movimientos XII y XIII, pero ahora sitúese en la zona lateral del sujeto (previamente denominada *externa*) para una visión lateral. Su mano derecha estará todavía por debajo del codo, pero coloque su mano izquierda sobre la porción distal del antebrazo del sujeto para realizar una flexión correcta del codo.

\***Comentarios:** Una superposición completa del antebrazo sobre el brazo se puntúa con un 3. Observe el movimiento desde el lado del brazo del sujeto.

\*\***Sugerencias:** Para una puntuación de 4, como en el movimiento III (flexión de la rodilla), es necesario desplazar suavemente el antebrazo lateralmente en relación con el brazo.

## Movimiento XV



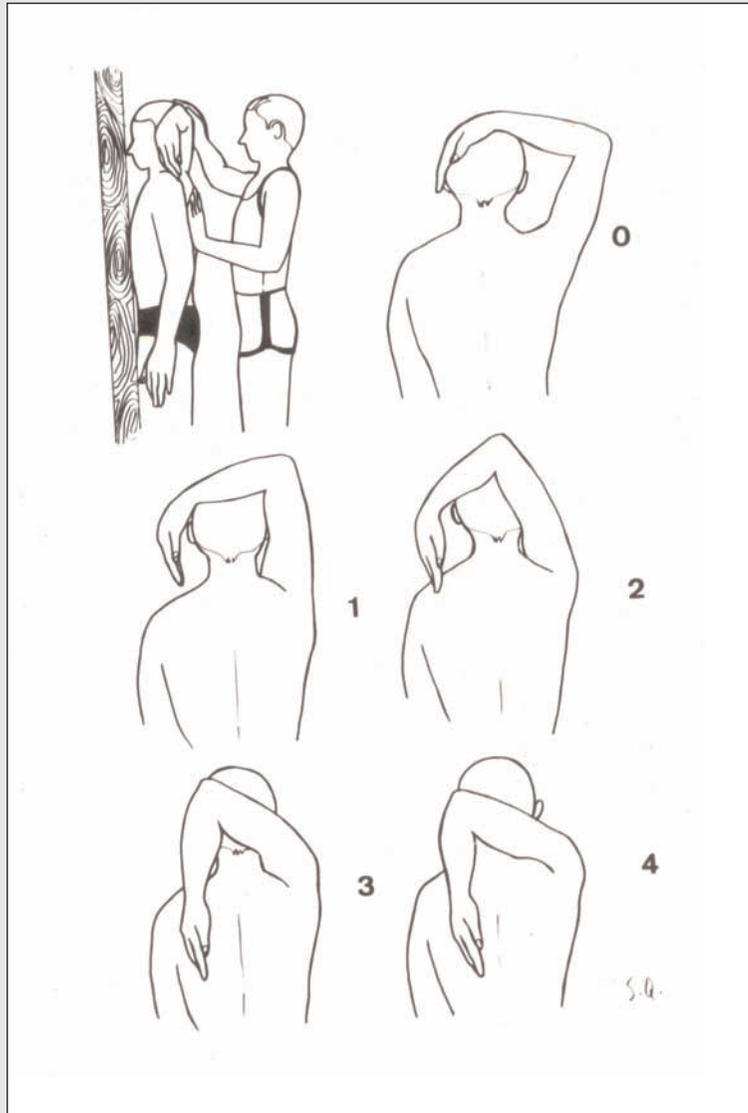
**Figura 4.15** Extensión del codo.

- ▶ **Posición del sujeto:** La misma que en los movimientos XII y XIII.
- ▶ **Posición del evaluador:** La misma que en el movimiento XIV, pero esta vez utilice la mano derecha para ejecutar la extensión del codo del sujeto.

\***Comentarios:** Alcanzar la posición neutra equivale a una puntuación de 2.

\*\***Sugerencias:** La posición de las manos o los dedos no debe ser considerada en la valoración del movimiento. De nuevo, observe el movimiento del brazo del sujeto desde una posición lateral.

## Movimiento XVI



**Figura 4.16** Aducción posterior del hombro desde abducción de 180°.

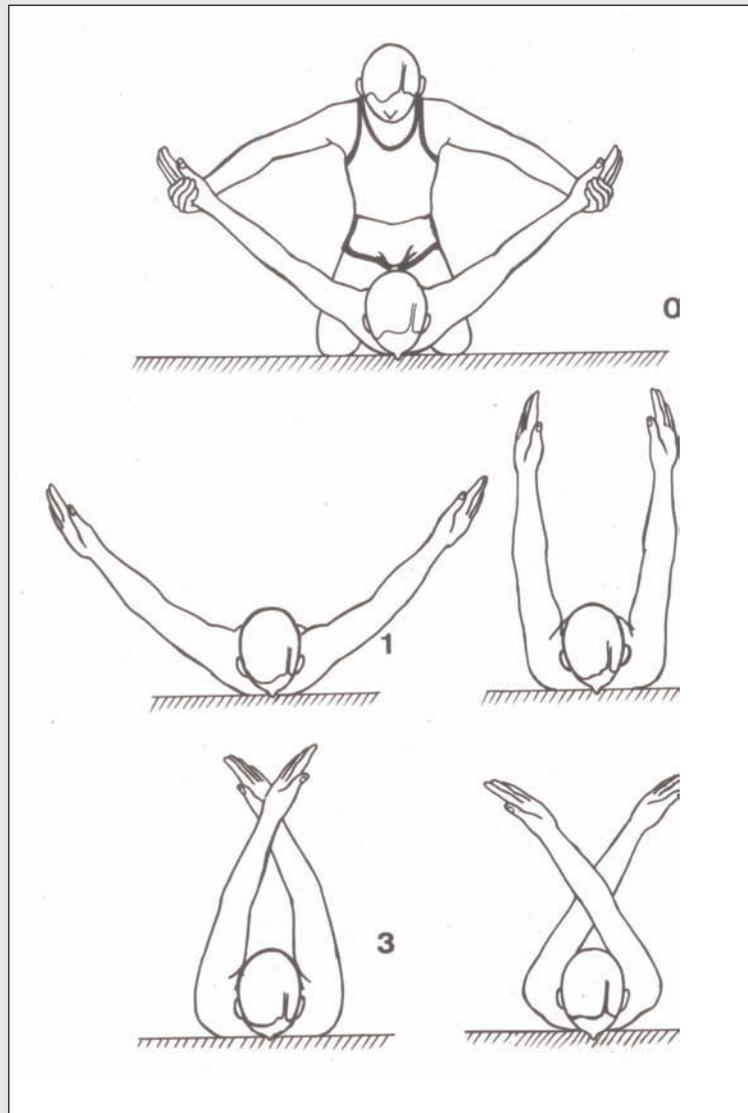
► **Posición del sujeto:** De pie con la cabeza flexionada ligeramente hacia delante y el hombro en posición de abducción empezando a 180°.

► **Posición del evaluador:** De pie detrás del sujeto, empuje suavemente la parte superior de la espalda del sujeto con su mano izquierda para estabilizarlo mientras con su mano derecha, colocada sobre la porción distal del brazo, ejecuta el movimiento.

\***Comentarios:** Cuando el brazo derecho del sujeto está paralelo al eje longitudinal del cuerpo, la puntuación es de 1. Cuando el codo derecho está exactamente por encima de la línea media del cuerpo, la puntuación es de 2. El sujeto debe informarle cuando alcance la ROM máxima. No debe haber flexión lateral del tronco.

\*\***Sugerencias:** Mantenga al sujeto de frente y presione su pecho contra la pared. Esta alternativa fue incluida en la descripción original del flexitest, pero ahora se utiliza sólo en algunas ocasiones.

## Movimiento XVII



**Figura 4.17** Aducción posterior o extensión del hombro.

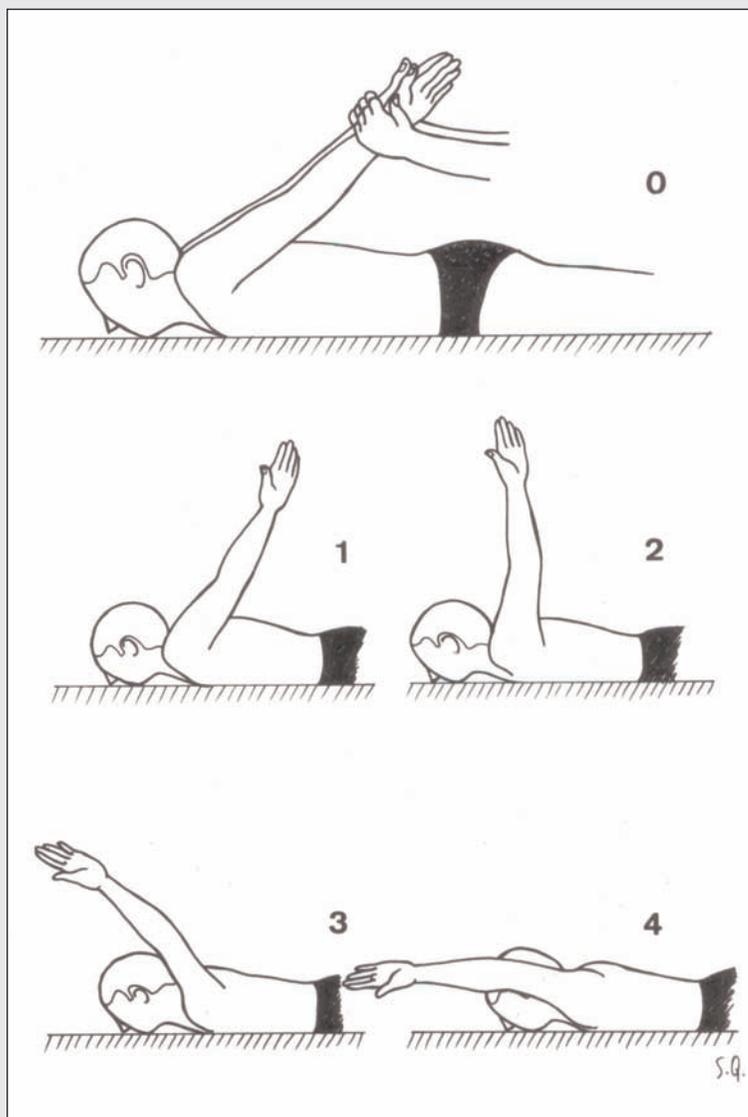
► **Posición del sujeto:** Tumbado en posición prona con la barbilla sobre el suelo, las piernas extendidas y los brazos abducidos y extendidos, las palmas mirando al suelo.

► **Posición del evaluador:** La misma que en los movimientos X y XI, pero sostenga las palmas del sujeto con sus manos para ejecutar el movimiento.

\***Comentarios:** Cuando se alcanza un ángulo recto entre el tronco del sujeto y los brazos, la puntuación es de 2. En un sujeto con unas proporciones normales de tronco y extremidades, cuando las muñecas se sobreponen, la puntuación es de 3 y cuando los codos se sobreponen, la puntuación es de 4.

\*\***Sugerencias:** Antes de empezar el movimiento, pida al sujeto que relaje los brazos. Recuérdele que presione sus manos cuando alcance la ROM máxima tolerable.

## Movimiento XVIII



**Figura 4.18** Extensión posterior del hombro.

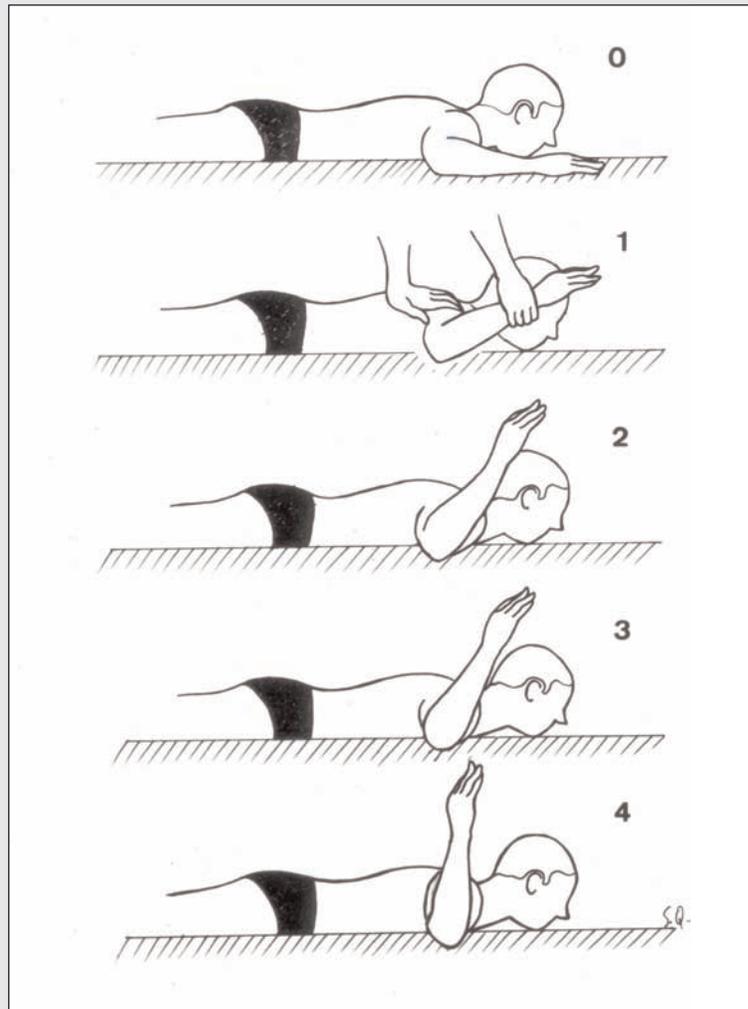
► **Posición del sujeto:** La misma que en el movimiento XVII, aunque los brazos no están abducidos.

► **Posición del evaluador:** La misma que en el movimiento XVII. Sostenga suavemente las manos del sujeto para ejecutar el movimiento.

\***Comentarios:** Para empezar el movimiento, debe asumir la posición “cero”, asegurándose de que los brazos del sujeto no están abducidos. Este movimiento debe realizarse muy lentamente para reducir el riesgo de lesión.

\*\***Sugerencias:** De nuevo, haga que el sujeto le presione las manos cuando alcance la ROM máxima tolerable. El sujeto se puede sentir de algún modo inseguro con este movimiento, así que es vital que lo realice lentamente.

## Movimiento XIX



**Figura 4.19** Rotación lateral del hombro con abducción de 90° y flexión de codo de 90°.

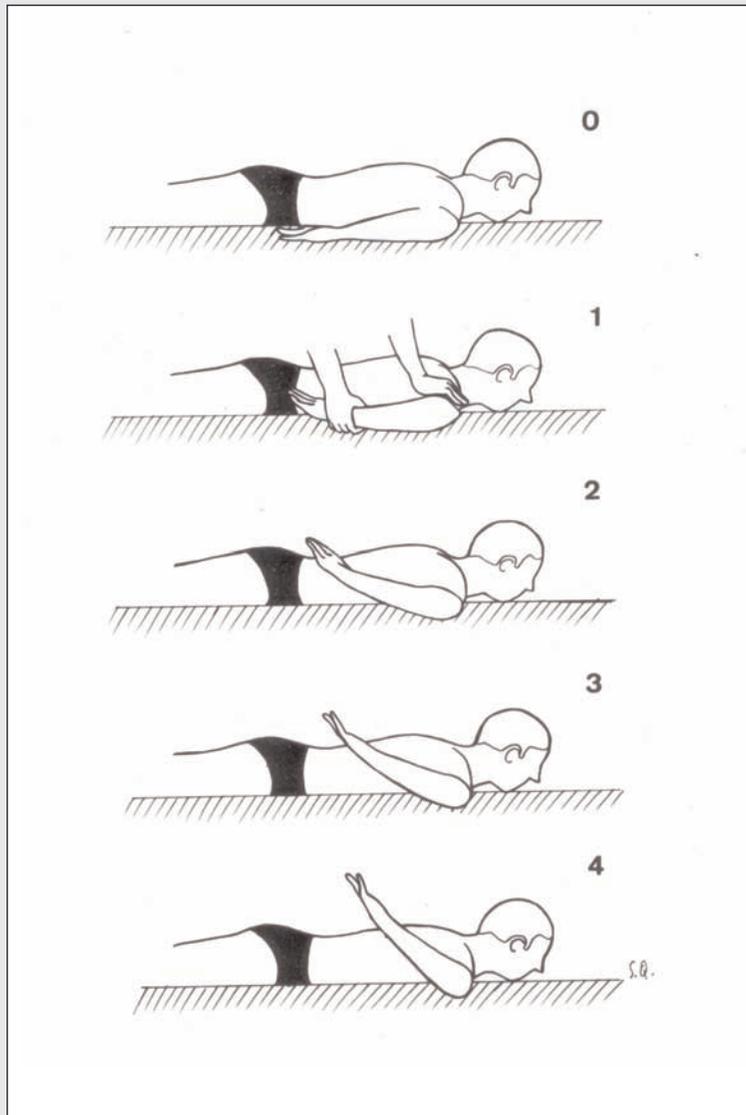
► **Posición del sujeto:** En posición prona, manteniendo los dos hombros en contacto con el suelo, con el brazo derecho abducido y el codo flexionado (ambos a 90°) mientras el hombro está en una posición de rotación lateral de 90°. El brazo izquierdo debe estar colocado a lo largo del cuerpo.

► **Posición del evaluador:** Arrodílese al lado del sujeto para ejecutar el movimiento con la mano derecha, sujetando el antebrazo derecho del sujeto cerca de la muñeca mientras coloca la mano izquierda entre el acromion derecho y el cuello para mantener el hombro derecho del sujeto contra el suelo.

\***Comentarios:** Un aspecto muy importante a considerar en esta valoración es el ángulo entre el antebrazo derecho del sujeto y el eje longitudinal del cuerpo, sin tener en cuenta las posiciones de la mano y los dedos. Asegúrese de que el hombro derecho del sujeto permanece en contacto con el suelo.

\*\***Sugerencias:** Sostenga el brazo del sujeto firmemente, pero evite restringir la rotación del hombro.

## Movimiento XX



**Figura 4.20** Rotación medial del hombro con abducción de 90° y flexión del codo de 90°.

► **Posición del sujeto:** La misma que en el movimiento XIX, pero colocando el hombro en una posición de rotación medial de 90°.

► **Posición del evaluador:** La misma que en el movimiento XIX, pero utilice la mano derecha para realizar la rotación medial del hombro derecho del sujeto.

\***Comentarios:** Básicamente los mismos que en el movimiento XIX. No poder realizar la posición inicial debido a la limitada movilidad del hombro representa una puntuación de 0. Si coloca sus dedos entre el suelo y el antebrazo del sujeto sin que el sujeto eleve el codo, se obtiene una puntuación de 1.

\*\***Sugerencias:** Evite distraerse en su evaluación por los movimientos de la muñeca o los dedos.

## Flexitest

### Cuestiones metodológicas

- El objetivo es valorar la ROM máxima mediante una comparación visual con los mapas de evaluación.
- Evalúa las mediciones de la ROM en 20 movimientos corporales –8 en la extremidad inferior, 3 en el tronco y 9 en la extremidad superior.
- Habitualmente, se realiza únicamente en el lado derecho del cuerpo para movimientos bilaterales.
- No permite un calentamiento o una actividad física intensa antes de la medición.
- Cada movimiento es evaluado en una escala de cinco posibles puntuaciones (desde 0 a 4), reflejando las más altas puntuaciones mayores ROM.
- Conceda la puntuación inmediata superior sólo cuando el sujeto alcance la ROM que corresponde a esa puntuación tal y como se presenta en el mapa.
- Las mediciones duran de tres a cinco minutos cuando se utiliza una secuencia específica y cinco posiciones corporales.

Hay que tener presentes varias consideraciones en la estandarización de la aplicación del flexitest. Tradicionalmente el test se aplica únicamente en el lado derecho del cuerpo; las diferencias bilaterales son muy excepcionales, pero pueden ocurrir en algunos movimientos específicos en casos de sobre o infrauso. Debido a que la temperatura corporal influye en la flexibilidad, se debe controlar esta variable evitando cualquier calentamiento o actividad física intensa durante la hora previa a la realización de las mediciones. El tiempo de aplicación del flexitest varía de acuerdo con la experiencia del evaluador y la condición del sujeto, pero habitualmente dura de tres a cinco minutos cuando se utiliza una secuencia modificada de movimientos que minimizan los cambios de la postura corporal. Más adelante, en el capítulo 7, aportamos ejemplos de estudios científicos que han utilizado el flexitest. Esta presentación de la investigación y de las cuestiones metodológicas le permitirá una comprensión más profunda de la

evolución del test y de su mérito científico.

El actual flexitest no sigue el orden numérico de los movimientos, secuenciándolos de modo que se minimicen los cambios de la posición corporal. Esto implica cinco posiciones:

1. Tumbado en posición supina: movimientos I, II y V
2. Tumbado en posición de decúbito prono: movimientos III, VI, X, XI, XVII, XVIII, XIX y XX
3. Tumbado en posición lateral: movimiento VIII
4. Sentado: movimientos VII y IX
5. De pie: movimientos IV, XII, XIII, XIV, XV y XVI

En un análisis simplista, la puntuación de la movilidad para adultos jóvenes podría ser evaluada de acuerdo con la siguiente escala:

- 0 = muy pobre
- 1 = pobre
- 2 = media
- 3 = buena
- 4 = muy buena

De acuerdo con la escala de medición y el modo en que los mapas de evaluación fueron diseñados, los datos tienden a seguir una distribución gaussiana en los adultos jóvenes, de modo que la tendencia central (media y moderada) es una puntuación de 2; 1 y 3 son puntuaciones menos frecuentes, y las puntuaciones extremas, 0 y 4, son bastante inusuales. Sin embargo, a pesar de que la valoración del flexitest puede y debe hacerse para cada movimiento y articulación, es válido y apropiado añadir los resultados de cada uno de los 20 movimientos para obtener una flexibilidad general o el índice de movilidad articular denominado *flexindex*, que es una ventaja importante del flexitest cuando se compara con la goniometría. Además, con la naturaleza gaussiana de cada escala de movimiento y de la escala global, es posible estudiar la ROM completa, porque los valores máximos extremos –0 y 80 puntos– aun siendo teóricamente posibles, en realidad nunca se han obtenido. Por tanto, no existen efectos de “techo” o “suelo”, los cuales hacen más difícil el uso clínico y la interpretación de tests simples por la reducción de su especificidad y sensibilidad.

## Administración del flexitest

En esta sección presentamos sugerencias, soluciones y procedimientos recogidos durante más de 20 años de aplicación del flexitest, para facilitar su utilización y, la interpretación práctica de los resultados. Ésta es nuestra “receta del flexitest” para estudiantes y facultativos, divididos de acuerdo con los distintos aspectos de la realización de la evaluación.

### Prepárese usted mismo y el lugar:

1. Obtenga con los mapas de evaluación. Con tiempo, trate de memorizar los límites inferiores y superiores para una puntuación de 2 para cada movimiento. Con ello disminuirá los errores de evaluación.
2. No sobreestime sus conocimientos y practique con los mapas de evaluación. Revise periódicamente las posiciones de ejecución, los ángulos de observación y las puntuaciones de todos los movimientos. Debería realizar esto como mínimo una vez al mes cuando tenga alguna experiencia con el flexitest, y con más frecuencia si tiene menos experiencia.
3. Pregunte a algún colega que sea al menos tan experto como usted para guiar periódicamente su realización de una evaluación de flexitest. Pasan inadvertidos fácilmente errores en el procedimiento, y son difíciles de corregir una vez se han aprendido.
4. Establezca las posiciones físicas que usted y la persona evaluada tomarán, y manténgalas de acuerdo con las necesidades del test.
5. Averigüe si pueden utilizarse las paredes de la habitación. Tal vez haya zócalos, cables eléctricos u otros objetos que dificulten algunas posiciones (algunas veces la parte posterior de una puerta es suficiente para la administración del flexitest).
6. Determine si hay un espacio adecuado para realizar los movimientos. Como los movimientos requieren un espacio muy reducido, esto no suele ser un problema, pero, si hay otras personas observando o ayudando, tenga en cuenta sus necesidades.
7. Advierta que las habitaciones con espejos son de poca ayuda y pueden incluso complicar o confundir la valoración de la ROM para un movimiento.
8. Verifique que la iluminación y las condiciones climáticas de la habitación sean apropiadas para obtener y graduar las mediciones.

### Prepare al sujeto para la evaluación:

1. Verifique que el sujeto no haya realizado ejercicio físico durante la hora previa a la realización del flexitest.
2. Asegúrese de que el sujeto está cómodo con la ropa que lleva y con las explicaciones del procedimiento mediante el uso de términos apropiados.
3. Si el sujeto utiliza gafas, haga que se las quite durante la ejecución de los movimientos del flexitest, porque podrían caerse y romperse.
4. Indique al sujeto que se quite las joyas, especialmente las pulseras, que pueden restringir la extensión del codo, y los relojes caros, que pueden romperse o golpearse con el suelo cuando el sujeto realice el movimiento XX.
5. Informe al sujeto sobre las posiciones que debe adoptar para las mediciones.
6. Explique los criterios de la medición y cómo se gradúan los movimientos, las puntuaciones para cada intervalo de 0 a 4 (p. ej., comparando el intervalo alcanzado con el mapa de evaluación).
7. Explique que puede notar alguna molestia, cuando un movimiento se acerque a la máxima ROM, en especial en los movimientos de hombro y muñeca.
8. Explique claramente a los que no sean particularmente flexibles que una puntuación de 4 no es lo que se espera que un sujeto alcance, y que puede ser incluso un riesgo para la salud ser extremadamente flexible.
9. Cuando esté midiendo a niños, muéstreles los mapas de evaluación antes o permítales que observen la ejecución de una evaluación antes de realizar la suya.
10. Antes de empezar el test, establezca con el sujeto el modo de comunicación con el que podrá reconocer los grados de molestia del sujeto o si ha alcanzado la ROM máxima. Un

buen modo puede ser el uso de signos (p. ej., pedirle que presione las manos en los movimientos XVII y XVIII), de palabras o de expresiones. Preste también atención a las expresiones faciales del sujeto; nos pueden servir como aviso para detener el movimiento y la medición, o como mínimo, revelarnos cómo se siente.

## Aspectos de la ejecución del movimiento:

1. Conciénciese de su propia postura corporal durante la aplicación del test. Con ello ayudará a prevenir errores de evaluación y servirá de ejemplo para el sujeto. Una postura deficiente puede crear molestias en la zona lumbar, especialmente cuando hay que evaluar un gran número de sujetos en un periodo de tiempo reducido o si el sujeto es pesado.
2. Si el sujeto está tenso, posponga el procedimiento de medición. Hable con él para ayudarle a relajarse tanto como sea posible (esto es especialmente importante en la evaluación del hombro, pues algunos movimientos pueden tener una ROM sustancialmente menor cuando los músculos implicados no están completamente relajados).
3. Si no dispone de una pared para ayudar al sujeto en algunos movimientos, tenga cuidado en asegurarse de que no se produzcan movimientos laterales que podrían ser impedidos o restringidos por la pared (como la rotación de la cadera o el tronco en el movimiento VII, aducción de la cadera).
4. Si, cuando esté intentando realizar correctamente un movimiento, la ROM mínima suficiente para puntuar 2 se alcanza a duras penas, no intente forzar. Es bastante improbable, y quizás imposible, que la ROM pueda alcanzar una puntuación de 3 ó 4, y el riesgo de lesión se incrementa.
5. Si se consigue una puntuación de 4, no vaya más lejos ni fuerce la amplitud del movimiento para ver su punto máximo. Continuar el movimiento puede causar una lesión o molestias innecesarias, e incluso comprometer la disposición o el comportamiento del sujeto, y poner potencialmente en peligro la ejecución y la evaluación de los movimientos restantes.
6. Para obtener una puntuación de 4 en algunos movimientos (p. ej., los movimientos III, XIV y XVIII), se debe alcanzar una posición contra natura; realice estos movimientos gradual y cuidadosamente.
7. Por otro lado, no dude en prolongar el movimiento aplicando la fuerza gradualmente y de manera continuada hasta alcanzar la máxima amplitud. Con ello, el potencial del flexitest de causar lesión es extremadamente bajo o inexistente.
8. No pida al sujeto que alcance una extensión completa o perfecta de la rodilla en el movimiento IX, flexión del tronco. Muchos sujetos no pueden realizar una extensión completa, incluso cuando sólo se consideran las rodillas.
9. Siga las ilustraciones del mapa para situar los tobillos correctamente en algunos movimientos de la extremidad inferior y la flexión del tronco; extender el tobillo hasta una posición dorsal o plantar extrema puede cambiar la ROM del movimiento que se esté realizando.
10. Evite repetir un movimiento dos o más veces consecutivas cuando intente alcanzar la ROM máxima, porque los resultados tenderán a aumentar de manera imprevisible. Si un movimiento ha de repetirse para resolver una cuestión o una duda, hágalo sólo después de completar el resto de los movimientos. Permita un intervalo mínimo de 30 segundos entre las mediciones consecutivas del mismo movimiento.
11. Si va a reevaluar al sujeto, no estudie la valoración previa, porque puede afectar su juicio y la validez de su medición, y, por tanto, comprometer la interpretación de los resultados.
12. No se deje influir en su evaluación por la experiencia deportiva del sujeto o el entrenamiento intenso de la flexibilidad. ¡A menudo, los deportistas son menos flexibles que los individuos no entrenados de la misma edad y sexo!
13. Si sospecha que existe una limitación debida a una lesión o a un impedimento físico, realice la medición en la extremidad contralateral o en el otro lado (como en el movimiento XI, flexión lateral de tronco).
14. Preste especial atención cuando ayude a sujetos con un historial de dolor ciático, espondi-

- lolistesis o afección de un disco intervertebral en la ejecución de los movimientos X y XI.
15. Cuando mida el movimiento IX, flexión del tronco, pida al sujeto que coloque las piernas contra la pared únicamente si le parece que va a alcanzar una puntuación de 4. De otro modo, facilite el movimiento ejecutándolo desde la posición de sentado y vigile que las rodillas estén extendidas y las piernas estiradas contra el suelo.
  16. El movimiento XVI puede ser realizado por el sujeto usando el brazo izquierdo para estirar el derecho. La pared no será necesaria habitualmente, pero vigile que el sujeto no haga una flexión lateral del tronco. No utilizar la pared puede ser beneficioso, ya que permite que la columna cervical se flexione ligeramente, haciendo el movimiento más fácil.
  17. Los sujetos postrados en cama pueden ser evaluados inicialmente con un estirador médico, cambiando la secuencia de movimientos propuesta, ajustándolos de acuerdo con las circunstancias individuales. Si es necesario, los movimientos XVII y XVIII se ejecutarán utilizando sólo el brazo derecho, con la porción anterior del hombro izquierdo mantenida contra la camilla.
  18. En sujetos con muy baja tolerancia al ejercicio (p. ej., una capacidad funcional inferior a 4 a 5 MET), la posición para algunas mediciones –en particular, la posición prona– puede causar un acortamiento de la respiración, cianosis y molestias en el pecho. Si éste es el caso, los movimientos que implican la flexión del tronco y la extensión lateral deben realizarse desde la posición de pie con las caderas contra la cara lateral de la camilla mientras usted está en pie directamente detrás del sujeto. La mayoría de estos sujetos puntuarán de 0 a 1 en estos movimientos y se identificará fácilmente la limitación de la movilidad.
  19. Tómese su tiempo cuando realice un movimiento, y realícelo uniformemente y sin interrupción. Debe ser capaz de realizar el flexitest fácil y cómodamente en menos de cinco minutos.
  20. Puede pedir al sujeto que empiece activamente el movimiento y después ayudarle a alcanzar la máxima amplitud posible. Esto es esencial si usted pesa mucho menos que el sujeto.

### Información para recordar:

1. Cuando anuncie una puntuación en voz alta al registrador de datos, mantenga su tono de voz tan neutro como sea posible y nunca utilice expresiones negativas o positivas.
2. Si trabaja con un registrador, éste debe conocer la secuencia adecuada y los números de los movimientos y debe repetir la puntuación en un tono de voz neutral, a la vez que la va anotando.
3. Cuando finalice la ejecución de los 20 movimientos, compruebe de nuevo las puntuaciones para asegurarse de que no hay ningún error, porque posteriormente será muy difícil identificar los errores.
4. Si es posible, registre los resultados en una hoja de cálculo electrónica que incluya las fórmulas necesarias para calcular el flexindex y los índices de variabilidad.
5. Si no hay un registrador de datos, registre sólo las puntuaciones que no son 1 para ancianos, 2 para adultos y 3 para niños. Esto reducirá significativamente el tiempo necesario para ejecutar el procedimiento, porque es muy probable que sólo haya que anotar unas pocas puntuaciones.
6. El cálculo mental del flexindex es fácil si considera únicamente los movimientos con puntuaciones distintas a 2 y empieza en los 40 puntos. Sume 1 punto para cada puntuación de 3 y 2 puntos para cada puntuación de 4; por el contrario, reste 1 y 2 puntos para puntuaciones de 1 y 0, respectivamente. Por ejemplo, si el sujeto puntúa un 4 en uno, un 3 en dos movimientos, un 1 en otros dos, y un 2 en el resto, tenemos  $40 + (2 \times 1) + (1 \times 2) - (2 \times 1) = 42$  puntos. Para los niños, registre las puntuaciones únicamente para los movimientos que no puntúan un 3 y empiece en 60 puntos; entonces sume y reste como hemos descrito previamente.

## Comentarios extras

Aunque nosotros recomendamos que se adopten estos procedimientos estandarizados, en algunos casos no es posible. Existen dos tipos de situaciones que a menudo exigen cambios en el método del flexitest. La primera es cuando el sujeto es incapaz de ejecutar, incluso pasivamente, uno o más de los movimientos del flexitest debido por ejemplo, a una zona enyesada o a una operación reciente. Los sujetos muy ancianos y los que presentan discapacidades físicas también tienen a veces dificultades para adoptar o tolerar algunas de las posiciones recomendadas. En estos casos, necesitará un enfoque especial que utilice distintas posiciones del sujeto u otras soluciones para evaluar la flexibilidad. Cuando el problema está restringido a una extremidad o a un lado del cuerpo, la medición se puede realizar en el otro lado del cuerpo para determinar el flexindex (anote en el registro del paciente qué mediciones fueron tomadas en el lado izquierdo). En el caso de sujetos con un alto grado de impedimento, hemos adaptado el método del flexitest para utilizar tres posiciones:

1. Estirado en una cama o camilla: movimientos I, II, IV, V y de XII a XV.
2. Sentado en una camilla: movimientos VII y IX.
3. De pie con la parte anterior de los muslos tocando la camilla: movimientos II, VI, VIII, X, XI y XVI a XX.

En esta última posición, asegúrese de evitar movimientos articulares inapropiados que puedan comprometer la medición. La mayoría de estos sujetos puntuarán de 0 a 1 para estos movimientos, con alguna puntuación ocasional de 2; algunos no son capaces de tomar la posición inicial para ejecutar el movimiento (p. ej., algunos movimientos de hombro).

La segunda situación que requiere cambios en el método del flexitest es cuando la movilidad no se mide para los 20 movimientos del flexitest debido a la falta de tiempo o a la falta de interés del evaluador en obtener todas las mediciones. Un ejemplo habitual de esto ocurre cuando el evaluador se encuentra en la escuela primaria o en un

club deportivo y tiene 200 o más niños para evaluar. Como son necesarios tres minutos para realizar el flexitest (aunque se suele ir más rápido en los niños, especialmente cuando ya conocen el test o lo han visto realizar a algún compañero de clase), llevaría al menos 10 horas efectuar un flexitest completo a los 200 estudiantes. En estas circunstancias, puede ser más conveniente utilizar una versión reducida del flexitest que tenga sólo unos pocos movimientos. A pesar de que es posible con técnicas estadísticas específicas seleccionar algunos de los movimientos más representativos, tal vez sea más conveniente para el evaluador elegir las mediciones que sean más apropiadas para su propósito. Por ejemplo, usted probablemente elegiría movimientos de las extremidades inferiores para evaluar la flexibilidad de los jugadores de fútbol, mientras que un entrenador de nadadores estaría más interesado en medir la movilidad de los tobillos y los hombros. Un evaluador que utilice el flexitest como un instrumento más para valorar el estado de salud encontraría poco práctico utilizar la versión completa, de modo que la versión reducida sería la mejor alternativa. Por ejemplo, una aplicación parcial del flexitest de cinco movimientos junto con una amplia serie de tests, está siendo utilizada con el personal de las Fuerzas Aéreas Brasileñas. Pero de nuevo, si bien es posible y bastante atractivo calcular un flexitest reducido (p. ej., una evaluación global proporcional al número de movimientos realizados), esto no sería apropiado. Recientemente, después de analizar los datos del flexitest procedentes de nuestro laboratorio sobre 2.600 sujetos (Araújo, Oliveira y Almeida 2002), encontramos que una combinación de 6 a 10 movimientos no proporciona un estándar de error estimado lo bastante bajo para ser un valor práctico. Considerando estos datos, los interesados en utilizar la versión corta o reducida del flexitest deben ser conscientes de las limitaciones potenciales de este enfoque. Sea cual sea la situación, es importante ser fiel a la filosofía prevista y a la correcta evaluación de la ROM pasiva máxima del movimiento evaluado. En este sentido, se asegurará de que la medición sea tan exacta y fiable como sea posible, y permitirá que los datos sean ampliamente aplicables y comparables.

## Capítulo 5

# La práctica del flexitest

El flexitest es un método sencillo y efectivo que se utiliza para medir y evaluar la flexibilidad en una amplia variedad de propuestas profesionales. Para valorar la flexibilidad de un sujeto, sea estudiante, paciente o deportista, hay dos pasos importantes: la *calidad de ejecución del movimiento* y la *cuantificación del resultado*. Una vez el movimiento del flexitest está correctamente ejecutado, la capacidad para evaluarlo adecuadamente es muy importante. Esta cuestión se expone en el presente capítulo, lo que le permitirá practicar y dominar el procedimiento de evaluación.

En las páginas siguientes encontrará un total de 120 fotografías divididas en dos series. La primera serie presenta 4 fotografías para cada uno de los 20 movimientos (figuras 5.1 a 5.20) en diferentes arcos de movimiento. La segunda serie –las últimas 40 fotografías– le da la opción de valorar su capacidad para puntuar el flexitest en dos secuencias completas de 20 movimientos (figuras 5.21 y 5.22). Estas series fueron diseñadas para entrenarle en dos pasos progresivos: inicialmente, tiene la opción de practicar la puntuación de cada movimiento antes de ir a la segunda serie y probar sus conocimientos mediante la evaluación de dos flexitests completos. La fotografía de cada movimiento se identifica claramente (p. ej., 5.1a), y la puntuación correcta se presenta al final del capítulo (tabla 5.1 en la página 111 para las figuras 5.1 a 5.20, tabla 5.2 en la página 112 para la figura 5.21, y tabla 5.3 en la página 112 para la figura 5.22) de modo que puede comprobar sus apreciaciones. Estas fotografías tienden a reproducir la visión desde las posiciones del evaluador y el observador vistas en los mapas de evaluación. No obstante, para proporcionarle, tan exacto como sea posible, el ángulo de visión del evaluador, la posición del evaluador en la fotografía a veces es distinta a la que recomendamos en la descripción y, en algunos casos seleccionados aparece en la fotografía. Las fotografías fueron elegidas para reflejar las situaciones ordinarias que transcurren

cuando se realiza el flexitest. Por tanto, las puntuaciones de 2 tienden a ser más frecuentes. Las puntuaciones de 0 ó 4 pueden no estar representadas en una muestra para un determinado movimiento. Utilice los mapas de evaluación (véase páginas 54 a 73 en el capítulo 4) para puntuar cada una de las fotografías. Escriba las puntuaciones de evaluación en una hoja de papel a parte, no en el mismo libro, de modo que pueda repetir el entrenamiento tantas veces como crea necesario para mejorar sus habilidades de puntuación.

Los materiales de entrenamiento adicionales del flexitest –imágenes digitales en color, diapositivas de muestras y cintas de vídeo– están también disponibles para ver o descargar en [www.clinimex.com.br](http://www.clinimex.com.br)

Algunos movimientos son naturalmente más difíciles de puntuar y, en raras ocasiones, puede ser muy difícil decidir cuál de las dos puntuaciones (p. ej., 2 ó 3) es la más adecuada. Afortunadamente, estas situaciones son la excepción que confirma la regla, y con práctica no le será difícil evaluar las fotografías rápida y adecuadamente. Su margen de error no debe exceder 1 punto para cada fotografía. Si comete errores de evaluación en más del 10% de las fotografías o de más de 1 punto en cada movimiento individual (p. ej., si anota una puntuación de 3 cuando el valor correcto es un 1), su margen de error es demasiado alto. Vuelva al capítulo 4 y lea de nuevo en las páginas 54 a 73 las descripciones de los movimientos, prestando especial atención a la parte de los comentarios y a las sugerencias. Puede ser también de ayuda discutir su ejecución con un colega que tenga ya experiencia puntuando el flexitest o que ya haya realizado el autoentrenamiento de este capítulo. Es así como, en la mayoría de los casos, podrá identificar y

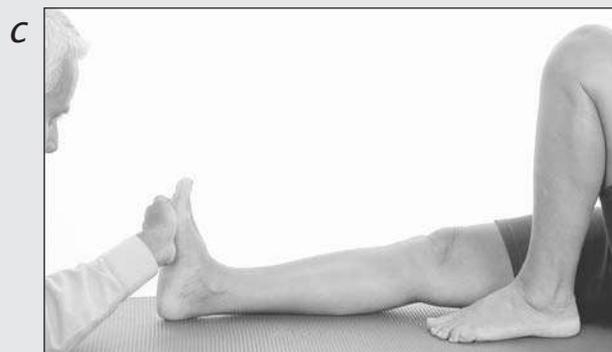
rectificar los errores que son la causa de un margen de error alto.

Después de finalizar el autoentrenamiento con las fotografías de este capítulo, practique evaluando a personas –haga que sus amigos, familiares y colegas le ayuden en su aprendizaje. Utilice

siempre como guía la descripción del método, las sugerencias y los comentarios, y los mapas de evaluación presentados en el capítulo 4. Encontrará que este aparentemente subjetivo método es, de hecho, bastante objetivo, fácil de aprender, fácil de aplicar y fácil de interpretar.

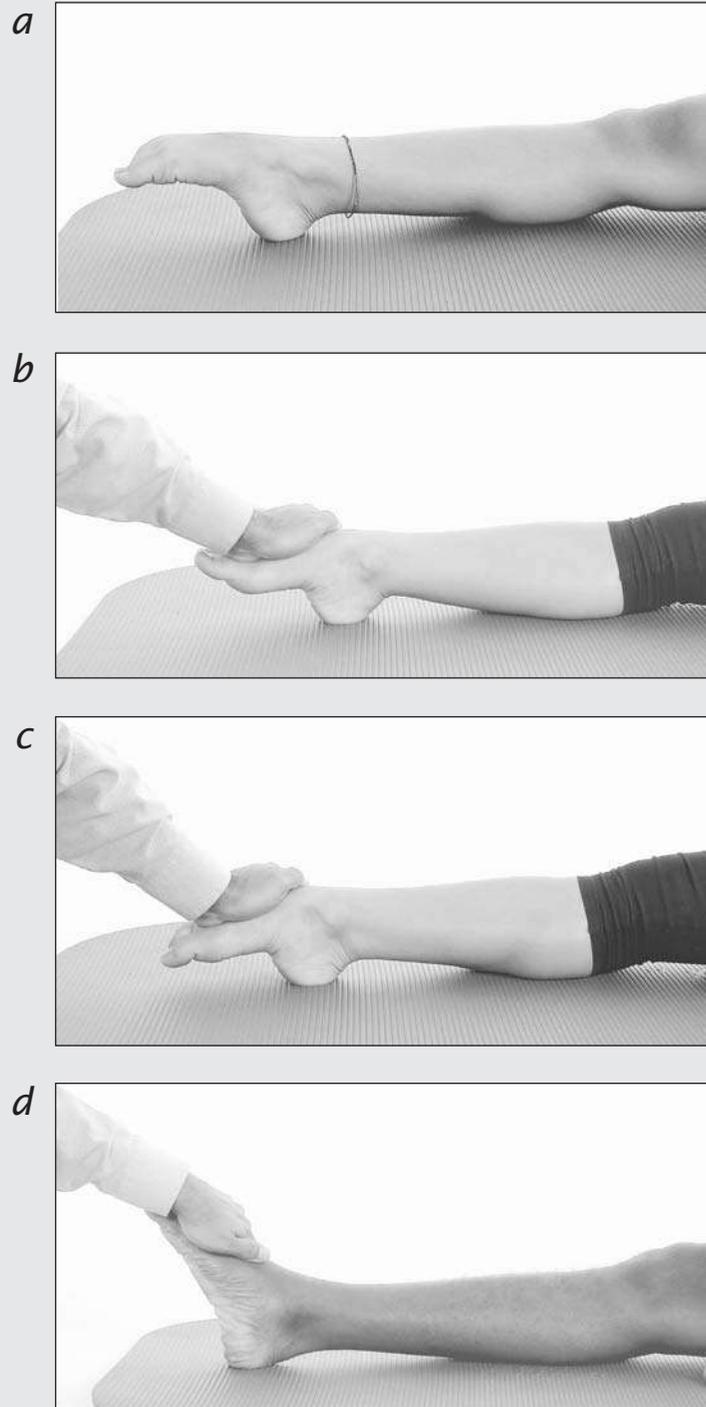
## Movimiento I

Figura 5.1



## Movimiento II

**Figura 5.2**



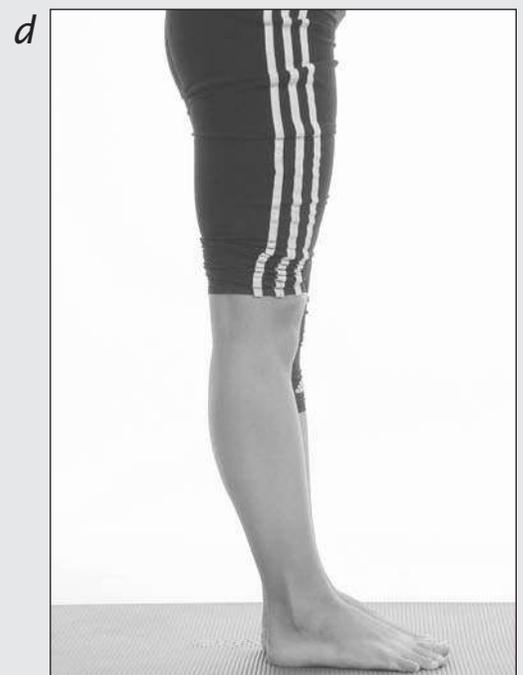
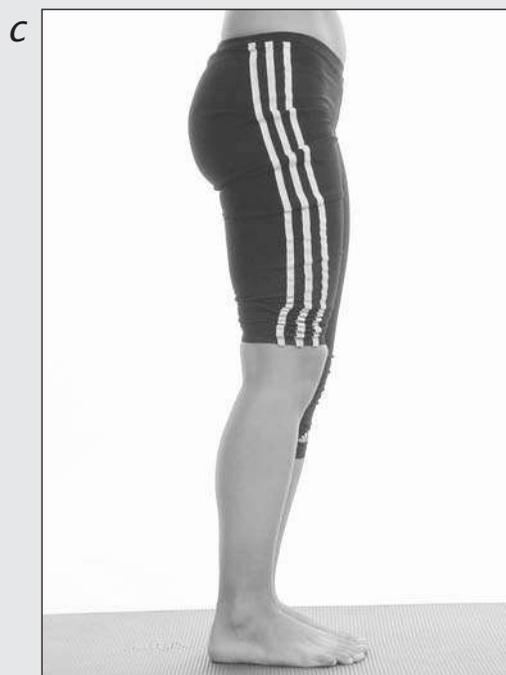
## Movimiento III

Figura 5.3



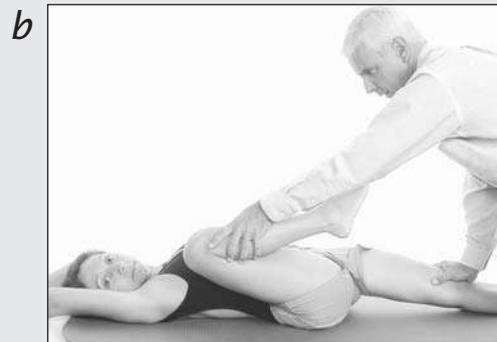
## Movimiento IV

**Figura 5.4**



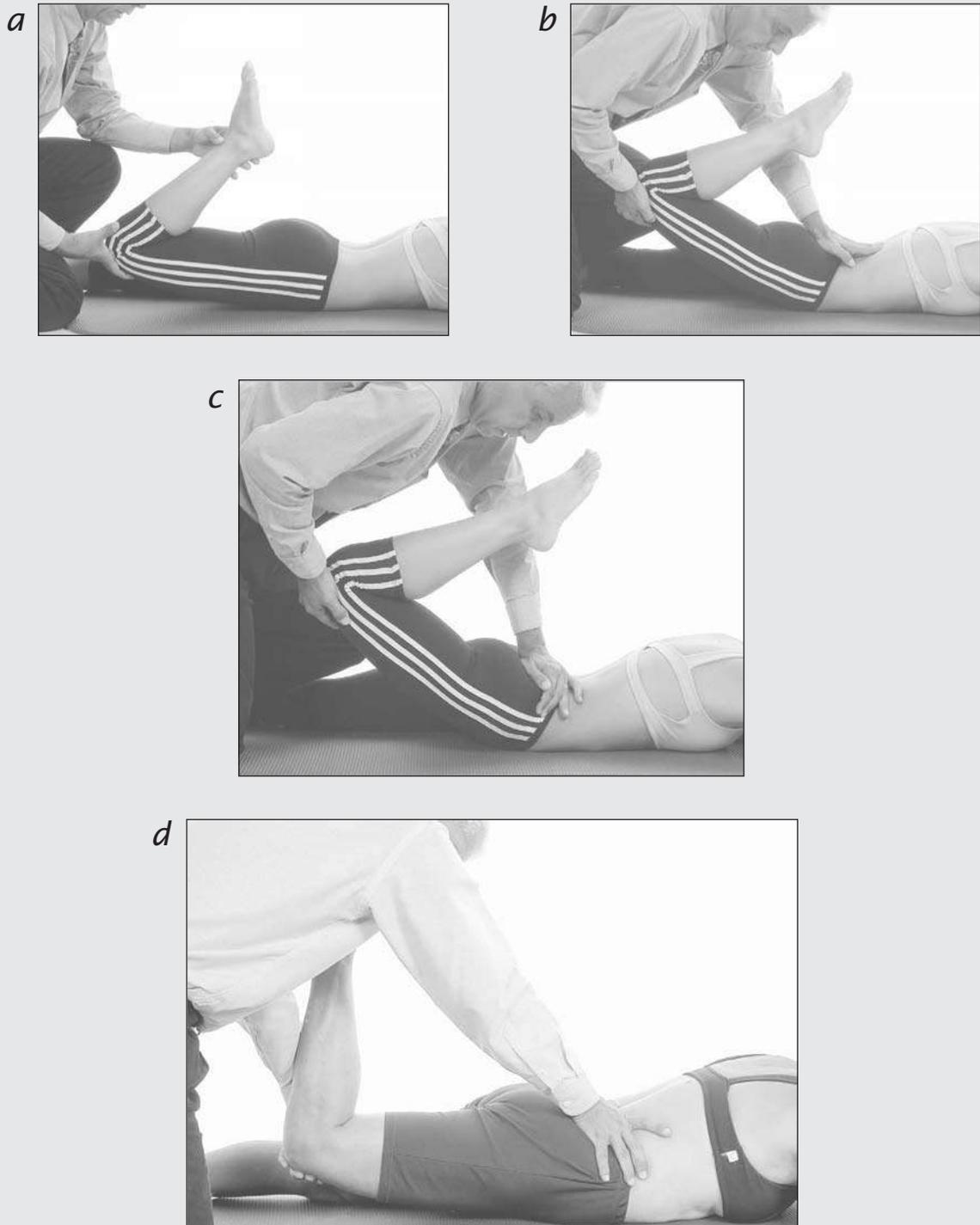
## Movimiento V

Figura 5.5



## Movimiento VI

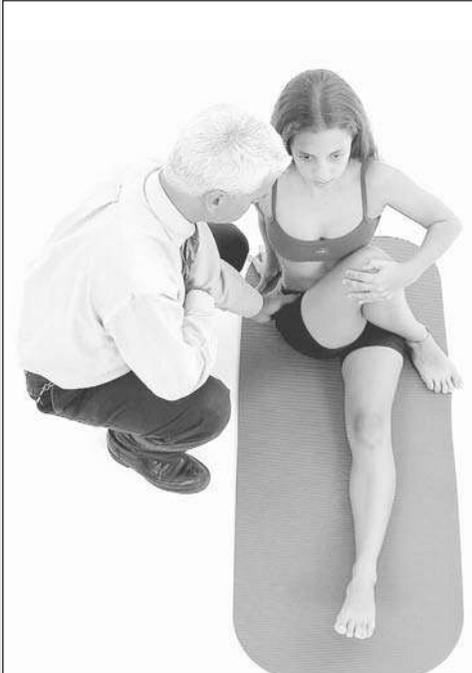
**Figura 5.6**



## Movimiento VII

Figura 5.7

*a*



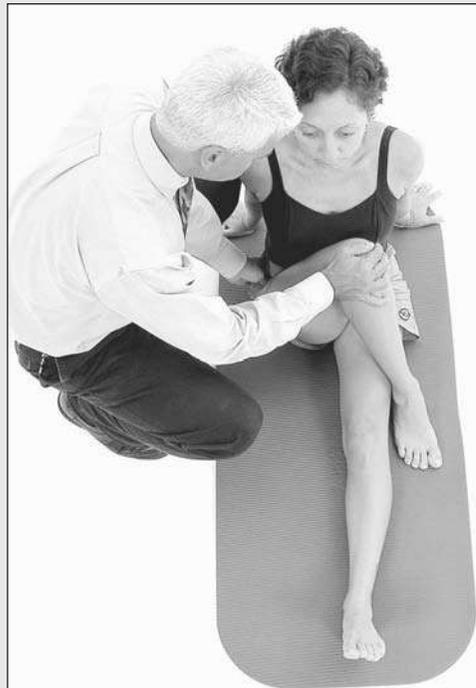
*b*



*c*



*d*



## Movimiento VIII

**Figura 5.8**

*a*



*b*



*c*

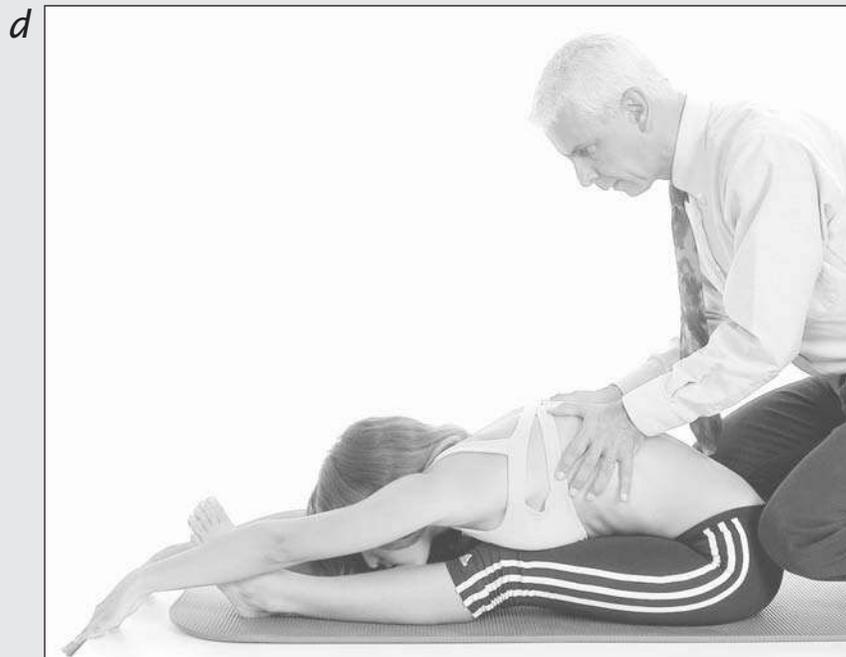
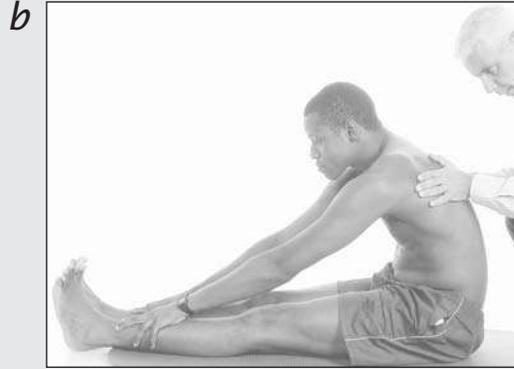


*d*



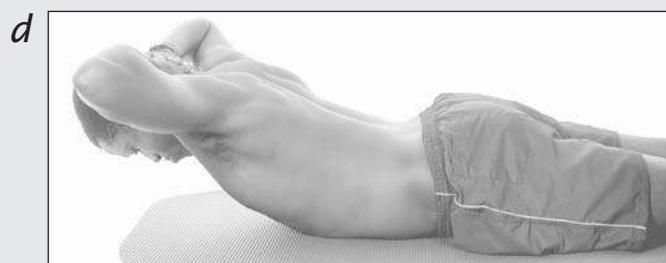
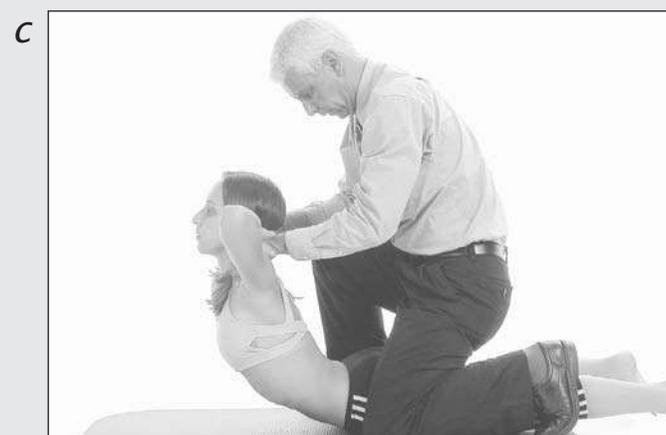
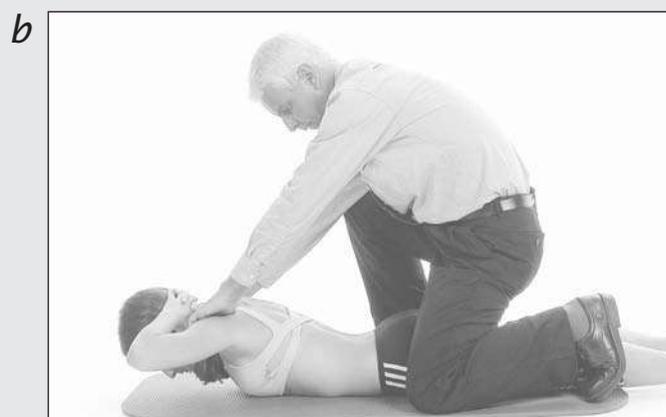
## Movimiento IX

Figura 5.9



## Movimiento X

**Figura 5.10**



## Movimiento XI

Figura 5.11



## Movimiento XII

Figura 5.12



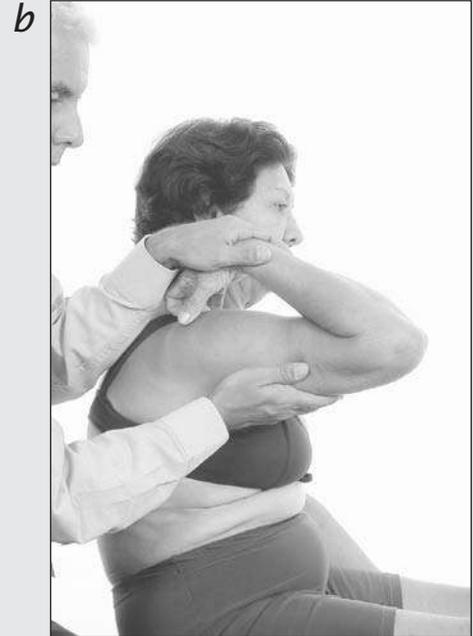
## Movimiento XIII

Figura 5.13



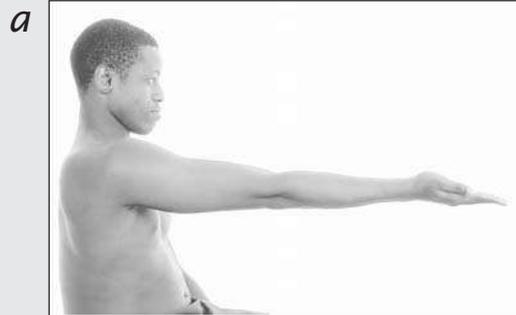
## Movimiento XIV

**Figura 5.14**



## Movimiento XV

Figura 5.15



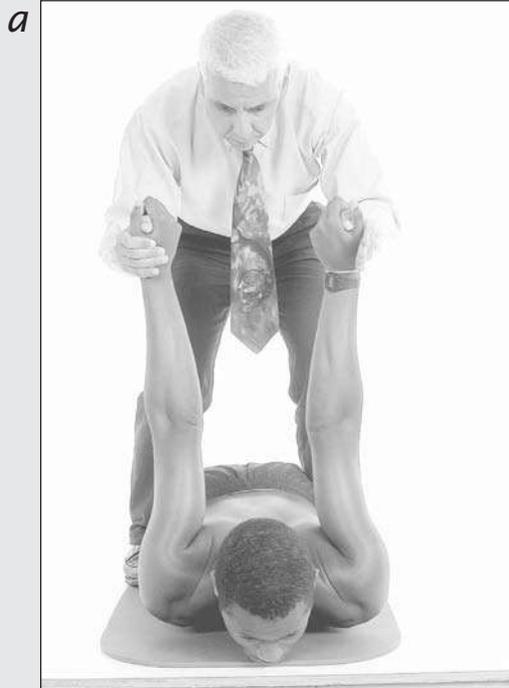
## Movimiento XVI

Figura 5.16



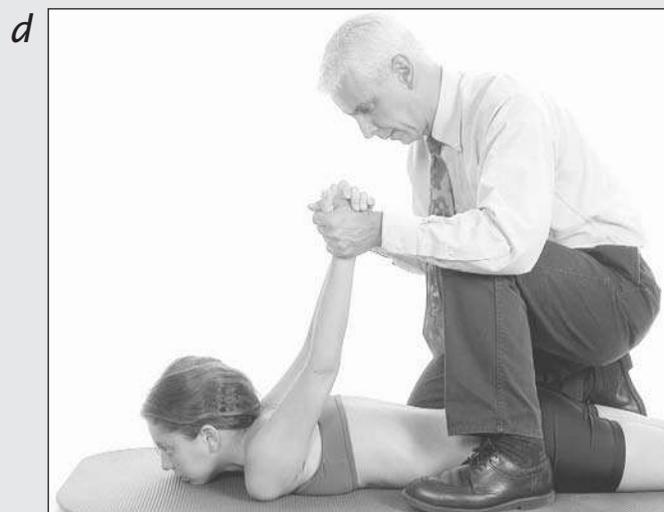
## Movimiento XVII

Figura 5.17



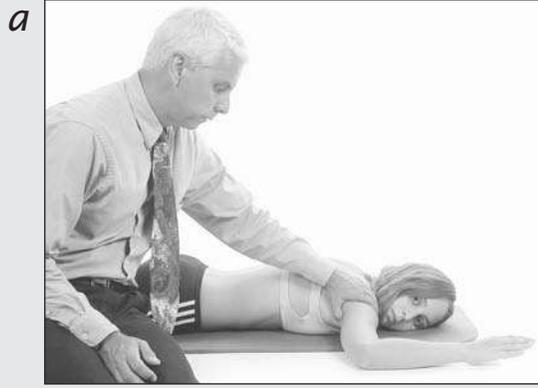
## Movimiento XVIII

Figura 5.18



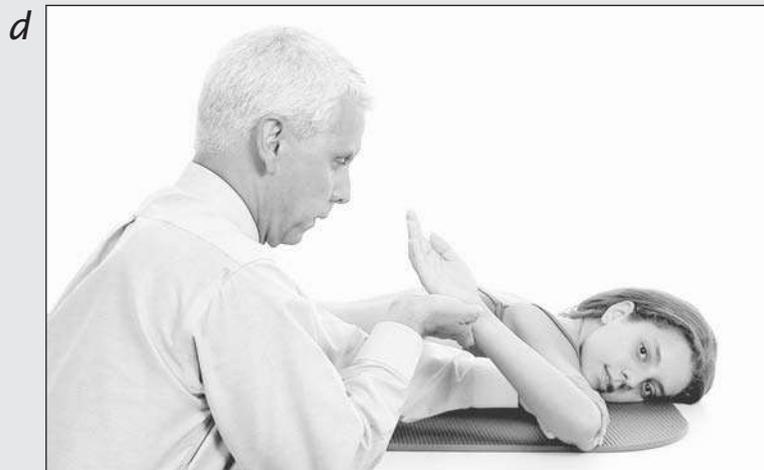
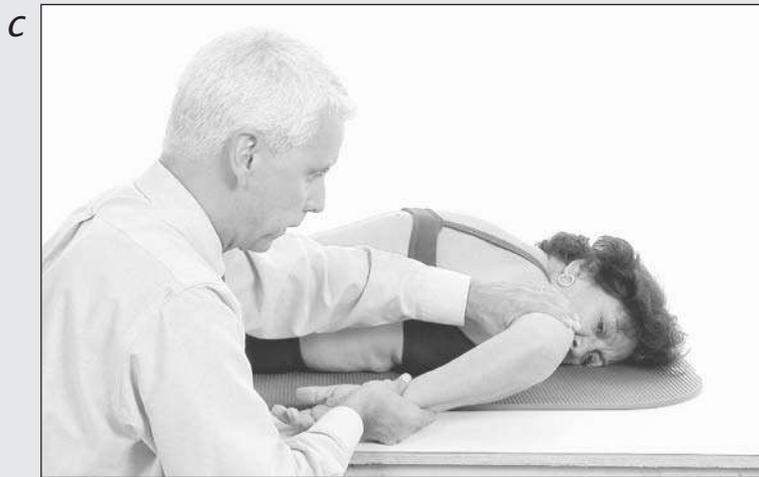
## Movimiento XIX

Figura 5.19



## Movimiento XX

Figura 5.20



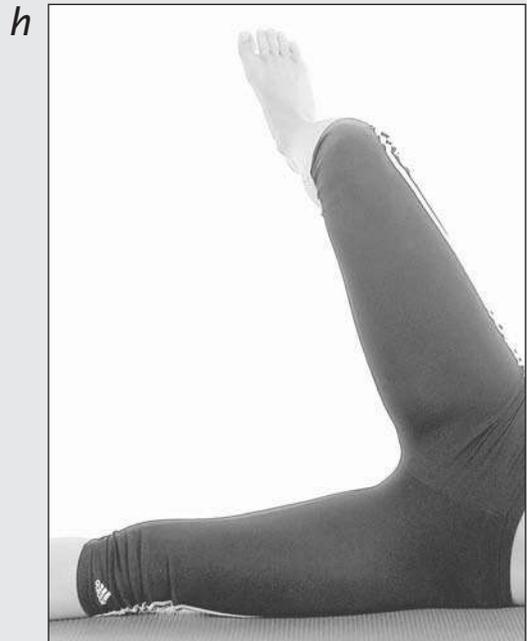
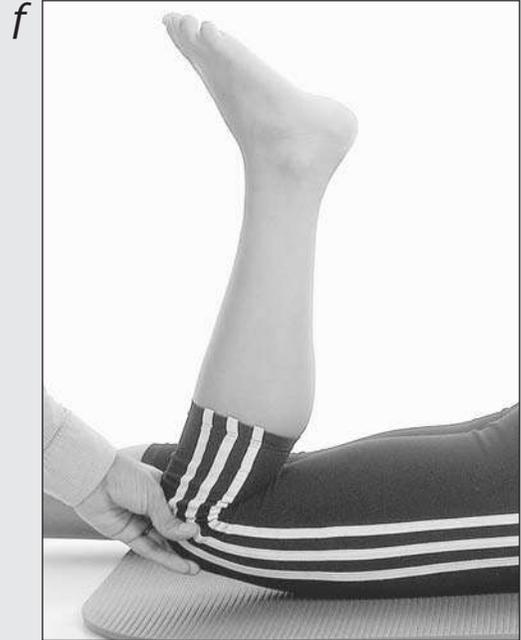
## Secuencia 1 de movimiento

Figura 5.21



## Secuencia 1 de movimiento

Figura 5.21 (continuación)



## Secuencia 1 de movimiento

Figura 5.21 (continuación)



## Secuencia 1 de movimiento

Figura 5.21 (continuación)

*m*



*n*



*o*

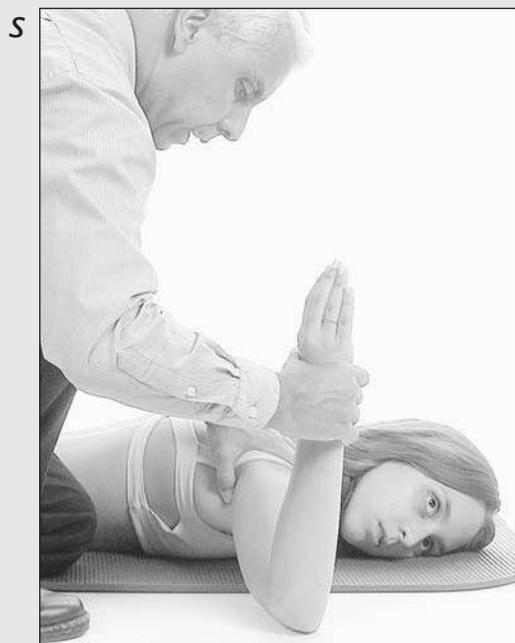


*p*



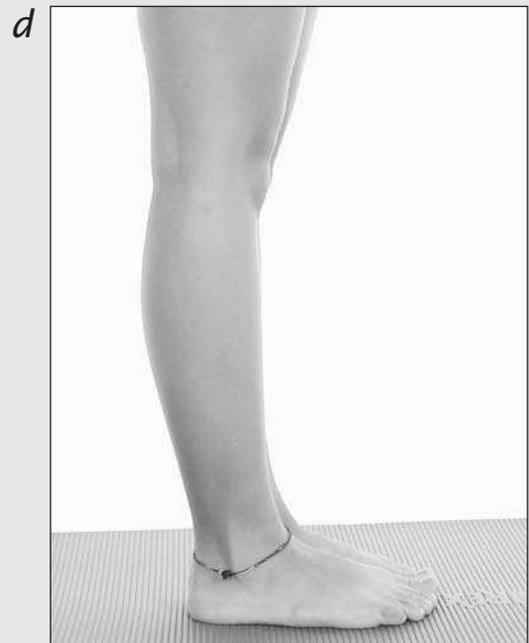
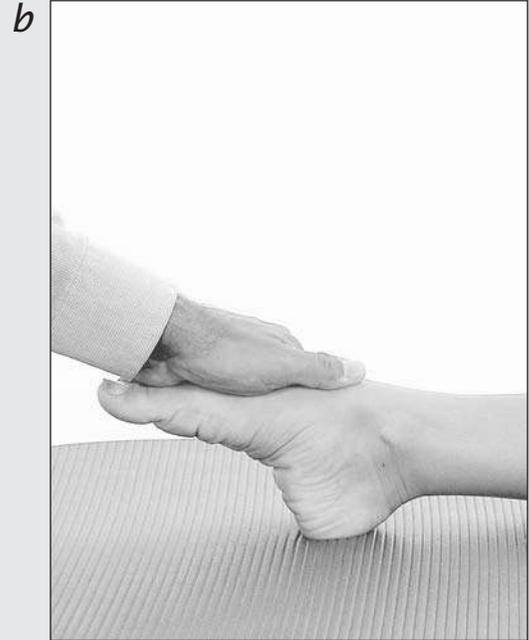
## Secuencia 1 de movimiento

Figura 5.21 (continuación)



## Secuencia 2 de movimiento

**Figura 5.22**



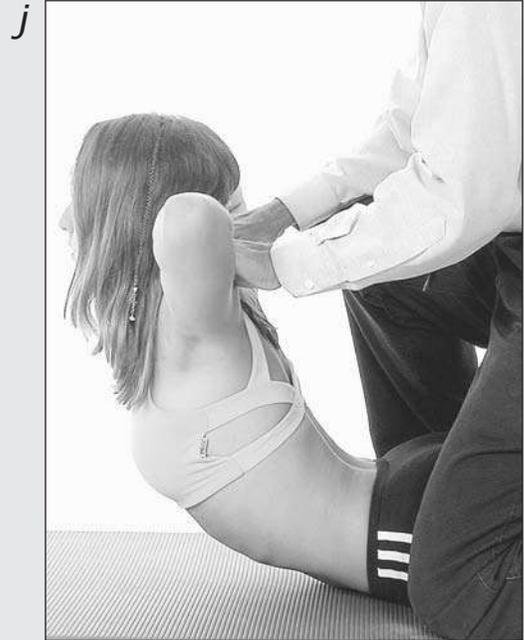
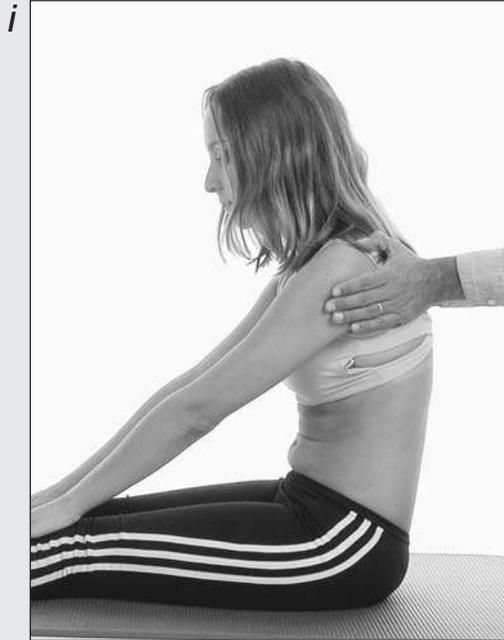
## Secuencia 2 de movimiento

Figura 5.22 (continuación)



## Secuencia 2 de movimiento

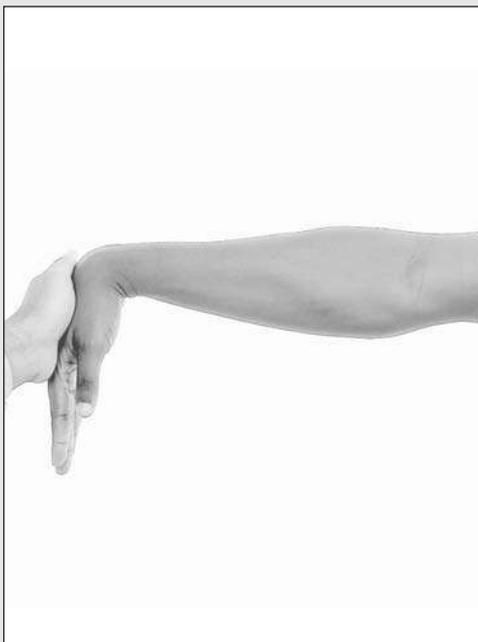
Figura 5.22 (continuación)



## Secuencia 2 de movimiento

Figura 5.22 (continuación)

*m*



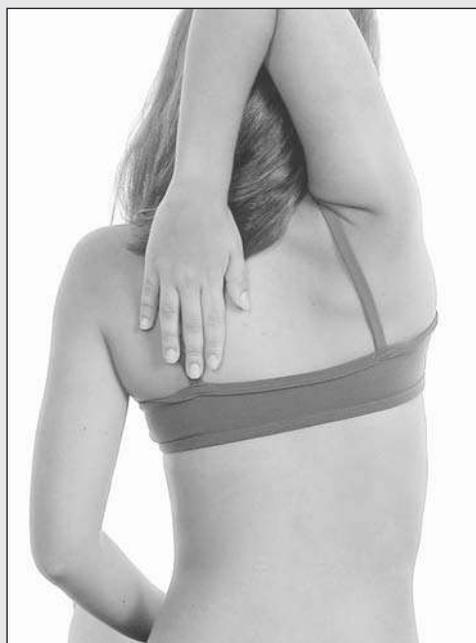
*n*



*o*



*p*



## Secuencia 2 de movimiento

Figura 5.22 (continuación)



**Tabla 5.1** Guía de puntuación para las figuras 5.1 a 5.20

<b>Movimiento I</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento II</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento III</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.1a	2	Figura 5.2a	2	Figura 5.3a	1
Figura 5.1b	2	Figura 5.2b	3	Figura 5.3b	2
Figura 5.1c	2	Figura 5.2c	3	Figura 5.3c	2
Figura 5.1d	3	Figura 5.2d	1	Figura 5.3d	3
<b>Movimiento IV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento V</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VI</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.4a	2	Figura 5.5a	4	Figura 5.6a	1
Figura 5.4b	2	Figura 5.5b	3	Figura 5.6b	2
Figura 5.4c	1	Figura 5.5c	4	Figura 5.6c	3
Figura 5.4d	3	Figura 5.5d	1	Figura 5.6d	0
<b>Movimiento VII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento IX</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.7a	4	Figura 5.8a	2	Figura 5.9a	0
Figura 5.7b	3	Figura 5.8b	3	Figura 5.9b	2
Figura 5.7c	0	Figura 5.8c	1	Figura 5.9c	3
Figura 5.7d	3	Figura 5.8d	4	Figura 5.9d	4
<b>Movimiento X</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.10a	0	Figura 5.11a	2	Figura 5.12a	2
Figura 5.10b	0	Figura 5.11b	2	Figura 5.12b	3
Figura 5.10c	3	Figura 5.11c	1	Figura 5.12c	3
Figura 5.10d	1	Figura 5.11d	4	Figura 5.12d	2
<b>Movimiento XIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XIV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XV</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.13a	1	Figura 5.14a	2	Figura 5.15a	2
Figura 5.13b	2	Figura 5.14b	2	Figura 5.15b	1
Figura 5.13c	2	Figura 5.14c	3	Figura 5.15c	3
Figura 5.13d	1	Figura 5.14d	1	Figura 5.15d	2
<b>Movimiento XVI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVIII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.16a	2	Figura 5.17a	2	Figura 5.18a	2
Figura 5.16b	1	Figura 5.17b	3	Figura 5.18b	2
Figura 5.16c	1	Figura 5.17c	4	Figura 5.18c	3
Figura 5.16d	4	Figura 5.17d	1	Figura 5.18d	1
<b>Movimiento XIX</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XX</b>	<b>Puntuación</b>		
Figura 5.19a	0	Figura 5.20a	1		
Figura 5.19b	1	Figura 5.20b	2		
Figura 5.19c	3	Figura 5.20c	0		
Figura 5.19d	4	Figura 5.20d	4		

**Tabla 5.2** Guía de puntuación para la figura 5.21

<b>Movimiento I</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento II</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento III</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21a	2	Figura 5.21b	1	Figura 5.21c	4
<b>Movimiento IV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento V</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VI</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21d	3	Figura 5.21e	2	Figura 5.21f	0
<b>Movimiento VII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento IX</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21g	2	Figura 5.21h	2	Figura 5.21i	3
<b>Movimiento X</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21j	4	Figura 5.21k	4	Figura 5.21l	2
<b>Movimiento XIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XIV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XV</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21m	0	Figura 5.21n	0	Figura 5.21o	2
<b>Movimiento XVI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVIII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.21p	4	Figura 5.21q	2	Figura 5.21r	3
<b>Movimiento XIX</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XX</b>	<b>Puntuación</b>		
Figura 5.21s	3	Figura 5.21t	1		

**Tabla 5.3** Guía de puntuación para la figura 5.22

<b>Movimiento I</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento II</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento III</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22a	2	Figura 5.22b	2	Figura 5.22c	3
<b>Movimiento IV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento V</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VI</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22d	2	Figura 5.22e	3	Figura 5.22f	0
<b>Movimiento VII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento VIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento IX</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22g	4	Figura 5.22h	4	Figura 5.22i	1
<b>Movimiento X</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22j	3	Figura 5.22k	2	Figura 5.22l	3
<b>Movimiento XIII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XIV</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XV</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22m	1	Figura 5.22n	4	Figura 5.22o	0
<b>Movimiento XVI</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVII</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XVIII</b>	<b>Puntuación</b>
Figura 5.22p	2	Figura 5.22q	3	Figura 5.22r	4
<b>Movimiento XIX</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Movimiento XX</b>	<b>Puntuación</b>		
Figura 5.22s	1	Figura 5.22t	0		

Si sabemos que la altura de un estudiante varón es 182,8 cm, podemos entonces relacionarlo con los estándares referenciales y concluir que la altura de este estudiante está por debajo, cerca o por encima de la de otros varones de su misma edad. La misma línea de razonamiento se utiliza con los resultados del flexitest: los datos son comparados con los valores esperados para la edad y el sexo del sujeto con el fin de determinar su flexibilidad relativa. Después del aprendizaje, la práctica y la aplicación del flexitest, se debe considerar la cuestión básica de cómo se pasa de la medición a la evaluación de los resultados. Este capítulo introduce los principales enfoques estadísticos descriptivos e inferenciales para una evaluación, de base científica, de los resultados del flexitest. Consideramos cuatro posibles escenarios para el análisis del flexitest. Dependiendo del escenario, puede ser necesario hacer lo siguiente:

1. Analizar el resultado de un sujeto en función de lo que se espera para su grupo de edad, sexo y modalidad deportiva correspondiente.
2. Describir y sumar los datos de un grupo de sujetos.
3. Comparar los resultados de dos o más grupos de sujetos.
4. Comparar los resultados antes y después de la intervención (p. ej. una clase de gimnasia escolar o un programa de entrenamiento de fitness específico).

Puesto que los datos del flexitest pueden analizarse colectivamente con el flexindex mediante el movimiento, la articulación y el perfil homogéneo, se presentan las técnicas para cada una de estas situaciones. Aunque este libro no pretende ser un documento estadístico, aportamos algunos términos y conceptos específicos para facilitar el uso de los recursos para la interpretación de los los resultados del flexitest.

### Consideraciones estadísticas preliminares

El flexitest utiliza números enteros desde el 0 hasta el 4 para medir la movilidad articular pasiva de cada movimiento. Debido a que no hay valores intermedios o fraccionados, esta variable puede ser considerada como matemáticamente *discontinua*, a pesar de que la variable medida sea intrínsecamente continua. Con respecto a las escalas de medición, las puntuaciones del flexitest pueden alinearse de acuerdo con las categorías que tienen intervalos definidos arbitrariamente como iguales, pero que no tienen un valor real de 0. Por tanto, es posible clasificar cada movimiento del flexitest en una *escala interválica* de medición, porque una puntuación de cero no designa una ausencia completa de movilidad. Por otro lado, los evaluadores que utilizan una aproximación estadística más conservadora deben clasificar los resultados del flexitest en una *escala ordinal* de medición. Las técnicas estadísticas tienden a ser más complicadas y menos concluyentes para un nivel jerárquicamente bajo en una escala de medición, de modo que nosotros sugerimos que se utilice la escala interválica siempre que sea posible, especialmente cuando los análisis abordan un gran número de sujetos (es decir, más de 30).

Para analizar datos colectivos, utilizamos técnicas estadísticas descriptivas para resumirlos como *tendencia central* e *indicadores de variabilidad*, el primero representando el grupo y el segundo indicando un número o intervalo que indica la magnitud de la desviación desde este valor central. La tendencia central se representa mejor mediante la puntuación *mediana*, a pesar de que el *modo* (el valor más frecuente) también puede ser utilizado. Para determinar la mediana, también denominada el percentil 50, únicamente es necesario identificar la puntuación que está en el medio de todas las puntuaciones listadas desde

la más baja hasta la más alta. El cálculo y la interpretación de una puntuación *mediana* deben realizarse cuidadosamente, porque pueden producirse algunas distorsiones con una escala que tiene sólo cinco posibles puntuaciones, especialmente cuando el tamaño de la muestra sea pequeño. La *variabilidad* puede definirse como los límites de los resultados extremos para un movimiento en una determinada muestra o como la proporción de sujetos con puntuaciones distintas del modo. De nuevo, hacer uso de las técnicas de análisis de variabilidad más avanzadas, tales como la *desviación estándar* y el *error estándar* de la mediana, presenta las mismas limitaciones conceptuales que el uso de la mediana y, en principio, no debería estar incluida en el análisis de los datos del flexitest para un movimiento individual.

Los resultados pueden estar también simplemente listados desde el valor más inferior hasta el valor más superior; en este caso, es apropiado indicar el rango relativo del sujeto como una proporción de toda la muestra. Para este propósito, se pueden utilizar *cuartiles* (separan la población en cuatro porciones, cada una de ellas con el 25% de los individuos), *deciles* (divisiones del 10%), y, más a menudo, *percentiles* (1%). En una muestra de 100 estudiantes, por ejemplo, con puntuaciones individuales del flexitest en ambos extremos, un estudiante con percentil 25 ( $P_{25}$ ) o cuartil 1 ( $Q_1$ ) tiene una flexibilidad general mayor que la del 25% de sus compañeros y menor que la del otro 75%. Esta técnica se usa frecuentemente para comparar las alturas y los pesos de estudiantes con las curvas de crecimiento, y es especialmente útil para interpretar los resultados de un sujeto para distintos movimientos y el flexitest completo como una función de la edad y el sexo.

Los *tests de hipótesis* comparan resultados entre dos o más grupos de sujetos, o entre distintas mediciones dentro del mismo grupo de sujetos, para permitir al investigador inferir si las diferencias extrapoladas son parecidas a las distinciones actuales o se deben primariamente al azar. En esta técnica (estadística del chi-cuadrado para comparar los resultados de un solo movimiento) se elabora una *tabla de contingencia* y se calcula la *estadística del chi-cuadrado*. Es posible entonces determinar si las distribuciones de dos grupos de resultados de flexitest son significativamente dis-

tintas una de otra. También puede ser necesario agrupar los resultados de puntuaciones extremas, porque la información no puede ser utilizada cuando ninguna de las casillas de la tabla está vacía (o presenta menos del 5% de las cifras), es decir, cuando la frecuencia es 0.

Otra posibilidad evaluativa permitida por la naturaleza ordinal de los datos del flexitest es la aplicación del *test de Kolmogorov-Smirnov*, que identifica las diferencias cruciales en cada puntuación cuando se comparan dos muestras. Sin embargo, este procedimiento puede ser demasiado conservador en el sentido que es muy difícil encontrar diferencias significativas, lo que limita su uso práctico. Cuando se comparan tres o más grupos o se evalúa repetidamente el mismo grupo, las estadísticas del chi-cuadrado pueden calcularse mediante técnicas de comparación *post hoc* utilizadas para identificar distribuciones que difieren una de otra. Con muestras grandes o *distribuidas* regularmente, y con las mismas limitaciones teóricas y restricciones, puede aplicarse la estadística paramétrica –incluidos los tests de la *t* y los análisis de la variancia.

Si su propósito es determinar la fiabilidad de dos conjuntos de datos para el mismo movimiento (es decir, comprobar su técnica de ejecución), no es aconsejable determinar la *proporción de coincidencia*, aunque la *estadística de kappa* puede ser utilizada porque corrige las coincidencias. Nadie utiliza la *correlación producto-momento de Pearson* recomendada, porque ésta mide sólo la asociación entre dos series, que puede ser alta incluso cuando existen diferencias significativas entre los dos conjuntos de medición. En su lugar, es preferible calcular el *coeficiente de correlación intraclase*, que se obtiene a partir de un análisis de variancia y estima la variabilidad real en dos o más evaluadores, reflejando así con más realismo el índice deseado.

Además, para identificar cualquier asociación existente entre los resultados del flexitest y cualquier otra variable, se utilizan técnicas de *correlación* y de *análisis de regresión*. Hay libros de estadística aplicada que detallan los procedimientos que sugerimos aquí, así como paquetes comerciales de software de estadística e incluso hojas de cálculo electrónicas que pueden ser utilizados para el análisis de los datos del flexitest.

## Análisis completo del flexitest (flexindex)

Uno de los usos más comunes del flexitest es la evaluación de la movilidad articular de un individuo, sea estudiante, paciente o deportista. Una vez los 20 movimientos han sido medidos, deben ser evaluados de modo que se pueda establecer un significado práctico para esos resultados. Una de las más importantes ventajas del flexitest es que una puntuación de 2 para un movimiento tiene el mismo significado para todos los movimientos en términos de magnitud relativa de la ROM. Por ejemplo, cuando un sujeto puntúa 2 tanto para la extensión de la cadera como para la extensión del tronco, significa que su nivel de flexibilidad es similar para los dos movimientos. El modo de los resultados del flexitest es 2 para todos los adultos jóvenes y la escala de medición es ordinal (jerárquicamente superior para escalas interválicas o de proporción). Por tanto, uno puede sumar los valores para calcular los índices parciales por articulación o segmento o incluso un índice de la flexibilidad general, el flexindex, el cual se obtiene sumando las puntuaciones de los 20 movimientos.

### Análisis de los datos individuales

Utilizando el flexindex, la flexibilidad general de un individuo puede compararse fácilmente con las curvas de percentil para edad y sexo. Con la utilización de los mismos percentiles que en las curvas de crecimiento de niños adoptadas recientemente por los U.S. Centers for Disease Control and Prevention, hemos determinado las curvas del flexitest para los percentiles de 3, 10, 25, 40, 60, 75, 90 y 97 para cada grupo de edad y sexo. El trazado de los resultados de un individuo, sea de un flexitest o de varios a través de los años, proporciona un modo sencillo de visualizar los resultados de un sujeto e interpretarlos en comparación con los de un grupo de iguales. Se pueden aplicar algunas expresiones para cada intervalo, aunque los datos numéricos son más seguros que las expresiones verbales (tabla 6.1).

Como se define matemáticamente mediante percentiles relacionados con la edad y el sexo, la

mitad de la población se encuentra en los niveles intermedios, esto es, entre  $P_{25}$  y  $P_{75}$ , de modo que el intervalo es el estándar de flexibilidad esperado, especialmente para sujetos cuyos resultados del flexindex están cercanos a la mediana, o al  $P_{50}$ . Las personas con resultados de flexibilidad general de  $P_3$  a  $P_{25}$  —muy bajo y bajo— probablemente se beneficiarían si emprendieran un entrenamiento severo y específico para ello. Los resultados extremos de la escala, por debajo de  $P_3$  o por encima de  $P_{97}$ , son de algún modo poco comunes y estadísticamente anormales (fuera del intervalo de normalidad del 95%), y se asocian a menudo con condiciones clínicas de hipo e hipermovilidad.

**Tabla 6.1** La expresión de la evaluación en relación con los percentiles del flexindex

Intervalo del percentil	Expresión
Por debajo de $P_3$	Extremadamente bajo
Entre $P_3$ y $P_{10}$	Muy bajo
Entre $P_{11}$ y $P_{25}$	Bajo
Entre $P_{26}$ y $P_{40}$	Medio-bajo
Entre $P_{41}$ y $P_{60}$	Medio
Entre $P_{61}$ y $P_{75}$	Medio-alto
Entre $P_{76}$ y $P_{90}$	Alto
Entre $P_{91}$ y $P_{97}$	Muy alto
Por encima de $P_{97}$	Extremadamente alto

### Curvas de referencia para edad y sexo

Las curvas de referencia para edad y sexo del flexitest le ayudarán a interpretar los datos de hombres y mujeres entre los 5 y los 88 años de edad. Las curvas fueron derivadas de nuestra base de datos de un total de 1.847 hombres y 1.269 mujeres medidos por evaluadores altamente cualificados en el uso de la técnica del flexitest (una gran mayoría de ellos fueron medidos por el autor) (figuras 6.1 y 6.2). La mayoría de los niños fueron sometidos al flexitest en sus clases de educación física escolar o clubes de fitness.

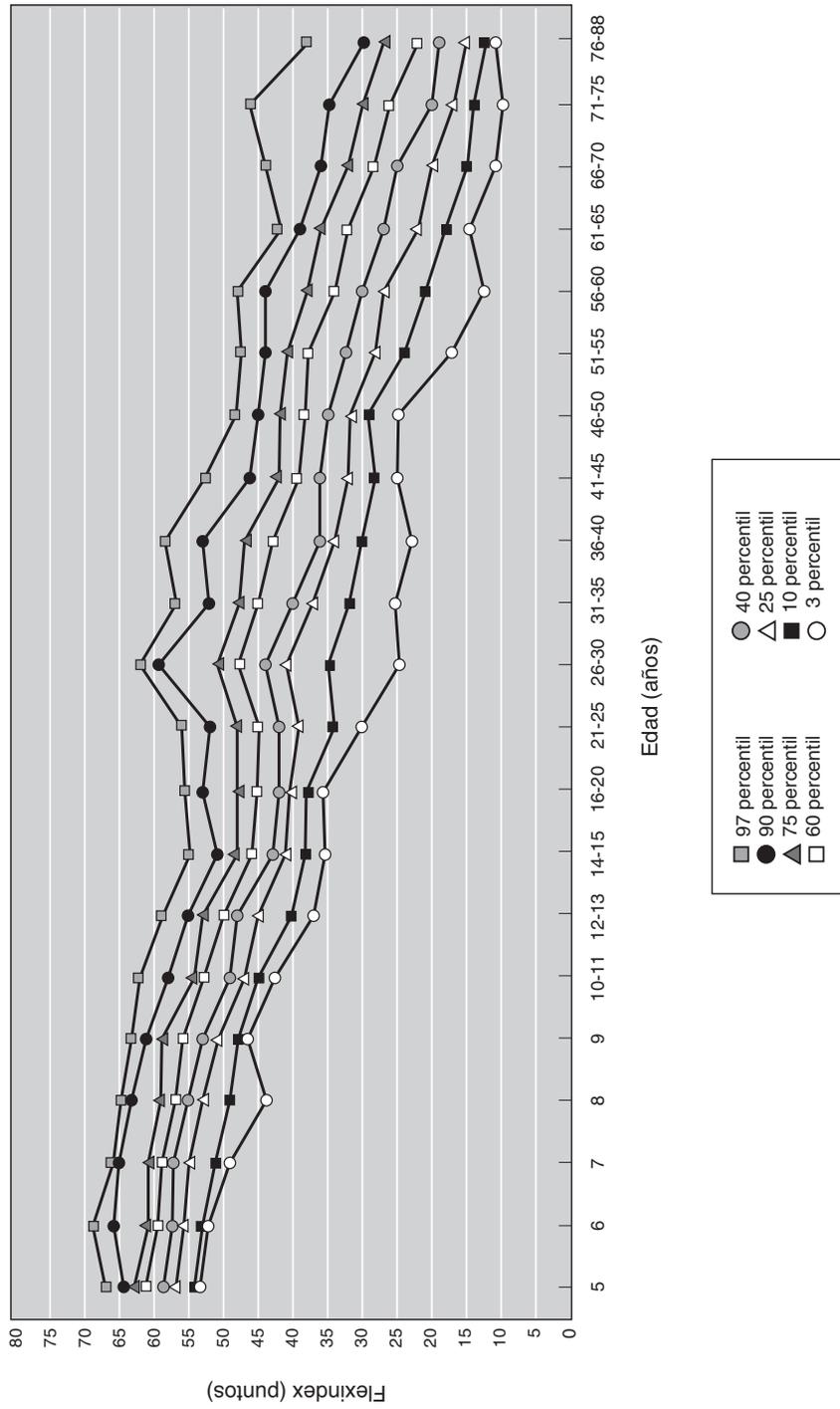


Figura 6.1 Flexindex- curvas de percentil para hombres

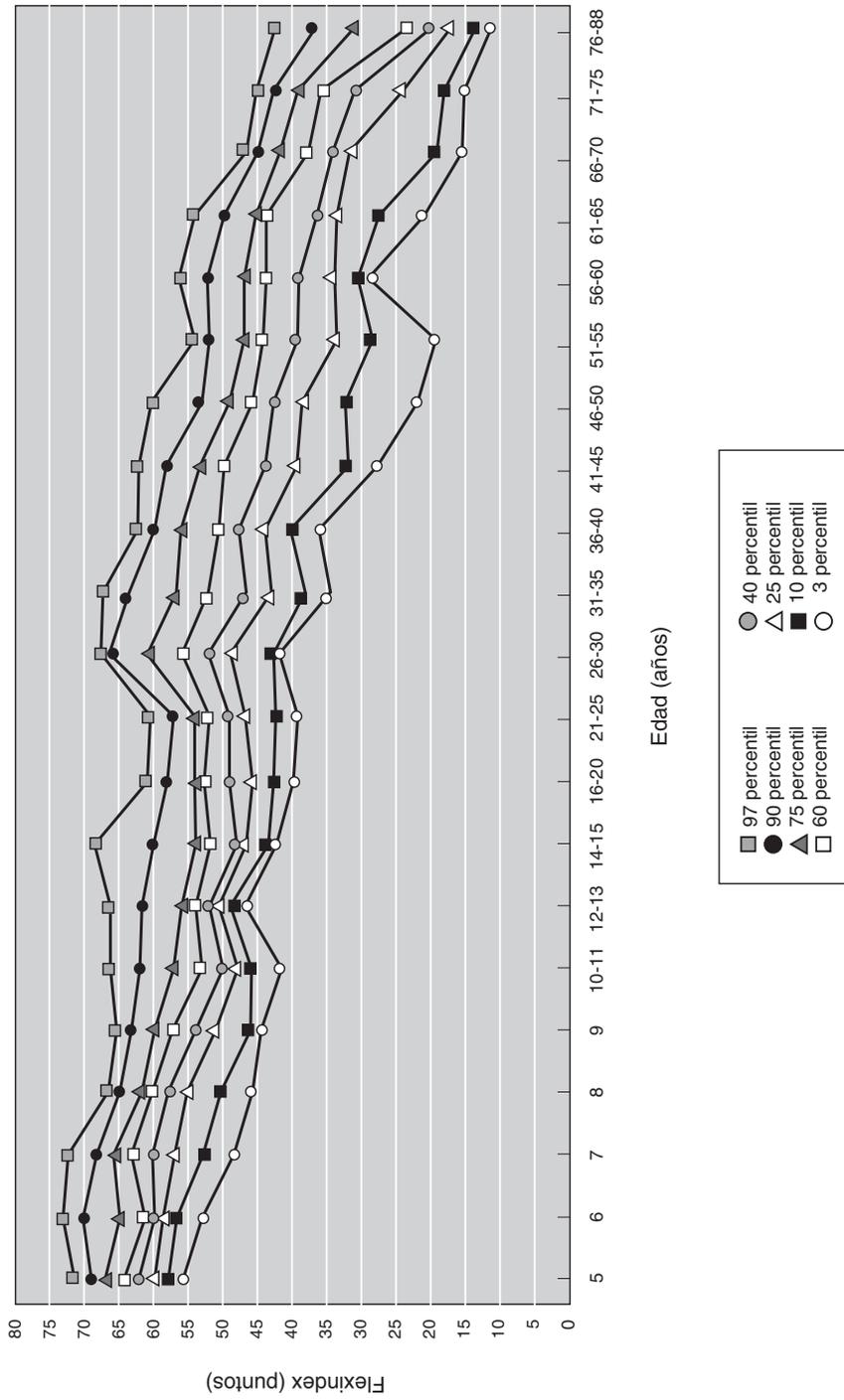


Figura 6.2 Flexindex- curvas de percentil para mujeres

El grupo de edad de los 16 a los 25 años estaba formado básicamente por estudiantes universitarios, siendo la mayoría aspirantes a educadores físicos. Los datos de los grupos de edad mayores de 25 años procedían de clientes de nuestra Sports and Exercise Medicine Clinic tanto para recibir una evaluación morfofuncional como para unirse a un programa de ejercicio supervisado médicamente. Se excluyó de este análisis a los jóvenes o adultos que participaban en deportes de competición.

La base de datos completa se dividió después en 20 grupos de edad para cada sexo, basado en la consideración de aspectos estadísticos, técnicos y operativos. Los criterios de inclusión se conformaron a la edad cronológica, y no a la biológica (como los reflejados por la madurez u otras características funcionales). Nuestra primera consideración en la división de grupos de edad fue evitar variaciones significativas del flexindex entre edades consecutivas. La flexibilidad tiende a disminuir con la edad y las mujeres son habitualmente más flexibles que los hombres de edad similar. Sin embargo, la magnitud de la pérdida varía considerablemente de una edad a otra, con mayores disminuciones durante los años de la vejez que en la madurez. De este modo, determinamos percentiles para cada edad desde los 5 años hasta los 88 (véase tablas 6.2 y 6.3). En este punto la magnitud de la reducción de la flexibilidad aminora, y nosotros empezamos a agrupar los valores para sujetos en el plazo de dos años de edad. Los grupos de edad a intervalos de 5 años se formaron empezando desde los 16. Esta edad corresponde al final de la adolescencia y el principio de la vida adulta; en consecuencia hay un enlentecimiento del decremento de la flexibilidad, lo que reduce la necesidad de divisiones de grupo frecuentes. Esta agrupación toma en consideración una muestra mayor y por tanto datos más fiables. Las agrupaciones de cinco años de edad se utilizaron hasta el grupo de edad de 60-65, a partir del cual el intervalo se incrementó a 10 años a causa del limitado número de sujetos de nuestro banco de datos. Todos los grupos de edad contienen un mínimo de 30 casos, con la excepción del grupo de mujeres mayores de 75 años, que era una muestra de 12 personas.

La observación detallada de las curvas de percentil como una función de la edad para ambos sexos refleja un aumento atípico de la flexibilidad

Las puntuaciones individuales del flexindex (la suma de las 20 puntuaciones de movimientos) deberían ser siempre analizadas con las normas de referencia para la edad y sexo.

en la variabilidad (intervalo) para el grupo de edad de 26-30 años. Nosotros suponemos que esto es el resultado de un problema de muestreo –el volumen de sujetos incluido en este grupo de edad fue relativamente pequeño y puede ser de algún modo desviado por la mezcla de sujetos con patrones de actividad física regular bastante distintos si los comparamos con los de otros grupos de edad de la muestra. Los datos no deben ser interpretados con el significado de que la flexibilidad aumenta efectivamente por encima de este período de edad. Con esta advertencia, no hicimos ajustes de tendencia.

El análisis comparativo de resultados individuales del flexindex con datos de referencia permite definir metas y valorar el impacto de la intervención o del entrenamiento. Por ejemplo, un individuo con una puntuación del flexindex muy baja puede, después de tres semanas de entrenamiento específico con ejercicios de estiramiento, alcanzar una puntuación baja, lo que muestra el éxito parcial de la intervención y la necesidad de que el sujeto continúe el entrenamiento para alcanzar niveles de flexibilidad mayores.

### Aspectos relacionados con el deporte

La recogida de datos de deportistas de elite es un tema metodológicamente complejo. Es difícil, si no imposible, estandarizar las condiciones de medición para deportistas, debido a que, haciéndolo, se puede comprometer parcialmente la fiabilidad de los datos. Hay diversos factores que dificultan la obtención de datos fiables de deportistas de elite:

- La limitada disponibilidad de los deportistas y entrenadores para este tipo de valoraciones
- La alta variabilidad causada por la evaluación realizada en varias fases del entrenamiento
- La variabilidad en la cantidad de tiempo transcurrido desde la última sesión de entrenamiento

**Tabla 6.2 Percentiles del flexindex en hombres (N = 1847)**

Edad (años)	N	1	3	5	10	15	17	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	83	85	90	95	97	99	
5	30	52,3	52,9	53,0	53,9	56,0	56,0	57,0	57,0	58,0	58,6	59,0	60,0	61,0	61,0	61,0	62,0	62,8	63,1	63,7	64,2	66,6	67,0	67,0	
6	42	51,4	52,2	53,0	53,1	54,0	54,0	56,0	56,3	57,0	57,0	58,0	58,5	59,0	59,0	60,0	60,0	60,8	64,0	64,0	65,9	69,0	69,0	70,2	
7	62	48,0	48,8	49,0	51,1	52,0	52,4	55,0	56,0	56,0	57,0	57,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	61,0	64,0	64,0	65,0	66,0	66,0	66,4	
8	77	38,5	43,8	47,6	49,0	50,0	50,9	53,0	53,8	54,0	55,0	56,0	56,0	57,0	57,0	58,0	59,0	59,0	62,0	62,0	63,0	63,2	64,7	65,5	
9	60	45,0	46,5	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	52,7	53,0	54,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,3	59,0	59,0	59,2	61,0	62,1	63,0	64,6	
10-11	96	39,0	42,6	43,8	45,0	45,0	45,0	47,0	48,0	49,0	49,0	50,0	50,5	51,0	53,0	53,0	53,0	54,0	56,0	57,0	58,0	61,0	62,1	69,0	
12-13	73	36,7	37,0	37,6	40,0	41,0	41,0	45,0	46,0	47,0	48,0	48,0	49,0	50,0	50,0	50,8	52,0	53,0	54,0	54,0	55,0	55,0	56,4	58,7	63,8
14-15	81	35,0	35,4	36,0	38,0	39,0	39,0	41,0	42,0	43,0	43,0	44,0	45,0	45,0	46,0	47,0	47,0	48,0	51,0	51,0	51,0	53,0	54,6	57,4	
16-20	123	31,9	35,7	36,0	38,0	39,0	39,0	40,5	41,0	42,0	42,0	43,0	44,0	45,0	45,2	46,0	47,0	48,0	50,3	51,0	53,0	54,9	55,3	56,8	
21-25	84	29,0	30,0	30,2	34,0	35,0	36,0	39,0	40,0	41,1	42,0	42,0	43,5	44,0	44,8	46,0	47,0	48,0	48,9	49,6	52,0	55,9	56,0	58,7	
26-30	58	22,3	24,7	30,1	35,0	36,6	37,0	41,0	42,0	43,9	44,0	44,0	46,0	47,0	48,0	49,1	50,9	51,0	54,6	56,0	59,3	62,0	62,0	64,6	
31-35	90	22,8	25,3	27,5	31,9	34,4	36,0	37,3	39,0	40,0	40,0	41,1	42,5	43,0	45,0	45,0	46,3	47,8	49,9	51,0	52,1	55,0	56,7	65,2	
36-40	111	17,3	22,6	25,5	30,0	31,0	32,0	34,0	35,0	36,0	36,0	38,0	40,0	41,0	43,0	43,5	45,0	47,0	49,3	51,0	53,0	56,0	58,4	61,9	
41-45	129	22,3	24,8	25,0	28,0	29,0	30,0	32,0	33,0	34,0	36,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,2	42,0	42,0	43,0	44,0	46,2	49,6	52,6	58,4	
46-50	128	20,5	24,8	27,4	29,0	30,0	30,0	31,8	33,0	34,0	35,0	35,0	36,0	37,0	38,2	39,0	41,0	42,0	43,0	44,0	45,0	47,7	48,2	50,7	
51-55	152	15,5	17,1	20,6	24,0	25,0	26,0	28,0	30,0	31,0	32,4	34,0	35,0	37,0	38,0	38,2	39,7	41,0	42,3	43,0	44,0	46,0	47,5	49,5	
56-60	149	9,0	12,4	16,8	21,0	23,2	25,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	38,0	41,8	42,0	44,0	47,0	48,0	49,6	
61-65	106	14,0	14,5	17,3	18,0	19,0	19,9	22,0	25,0	25,8	27,0	28,0	30,0	31,0	32,0	34,0	35,0	36,0	38,0	38,3	39,0	41,0	41,9	47,0	
66-70	80	9,6	11,1	13,0	14,9	17,0	17,0	20,0	22,0	23,0	25,0	25,0	26,0	27,0	28,4	29,4	31,0	32,0	34,1	35,0	36,1	43,0	44,3	45,4	
71-75	63	8,6	9,9	12,0	14,0	16,0	16,5	17,0	18,0	19,0	20,0	22,8	24,0	25,0	26,2	27,0	28,4	30,0	31,0	31,7	34,8	36,9	46,3	54,0	
76-88	52	9,6	11,0	11,0	12,0	14,8	15,0	15,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	21,6	22,0	22,0	23,4	27,0	27,3	29,0	29,8	35,2	37,9	40,9	

**Tabla 6.3 Percentiles del flexindex en mujeres (N = 1269)**

Edad (años)	N	1	3	5	10	15	17	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	83	85	90	95	97	99
5	33	55,3	56,0	56,6	58,0	58,0	58,4	60,0	60,0	61,2	62,0	63,0	63,0	64,0	64,2	65,0	66,4	67,0	67,6	68,0	68,8	71,0	71,2	73,7
6	38	53,0	53,1	53,9	56,7	56,0	57,3	59,0	59,0	60,0	60,0	60,0	61,0	61,0	61,2	62,1	63,0	64,8	65,7	66,9	70,0	70,5	72,7	73,6
7	63	45,5	48,7	51,0	53,0	54,0	54,0	57,0	58,0	59,0	60,0	60,9	61,0	62,0	63,0	64,0	64,0	65,5	68,0	68,0	68,0	71,7	72,1	73,6
8	66	45,0	46,0	48,3	50,5	53,8	54,0	55,3	56,5	57,0	58,0	58,0	59,0	59,8	60,0	60,0	61,0	61,8	63,0	63,0	64,5	66,0	66,2	69,4
9	50	44,5	45,0	45,0	45,9	49,4	50,3	51,3	53,0	54,0	54,0	55,0	55,0	56,0	57,4	58,0	59,0	59,8	61,7	62,0	63,0	64,0	65,1	67,5
10-11	79	39,6	42,0	42,9	46,0	46,0	47,0	48,0	49,0	49,0	50,0	51,0	52,0	52,9	53,0	54,0	54,0	57,0	59,0	60,0	62,0	65,1	66,0	70,2
12-13	69	44,4	47,0	47,0	49,0	50,0	50,0	51,0	51,4	52,0	52,0	52,0	54,0	54,0	54,0	55,0	55,0	56,0	58,0	58,8	61,6	66,0	66,0	69,9
14-15	61	39,8	42,6	43,0	44,0	46,0	46,0	47,0	47,0	48,0	48,0	49,0	49,0	51,0	52,0	53,0	54,0	54,0	56,0	57,0	60,0	66,0	68,2	70,2
16-20	107	37,1	40,2	42,3	43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	52,0	52,0	52,6	53,0	53,2	54,0	56,0	62,0	58,0	59,0	60,6	64,8
21-25	78	36,8	39,6	41,9	42,7	44,6	45,0	47,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	51,0	52,0	53,0	53,0	54,0	56,0	56,0	57,0	59,0	60,4	64,2
26-30	59	41,6	42,0	42,0	43,0	46,7	47,9	49,0	49,0	50,3	52,0	53,0	53,0	54,9	55,8	57,7	58,6	60,5	64,0	64,0	66,0	67,0	67,3	68,4
31-35	58	34,1	35,0	35,9	38,4	40,0	40,0	43,3	44,0	45,0	46,8	48,0	49,0	50,0	52,0	53,1	54,0	56,5	60,6	62,0	63,3	65,2	66,9	69,4
36-40	84	34,8	36,5	38,2	40,6	43,0	43,0	44,0	46,0	47,0	48,0	48,4	49,0	50,0	50,8	52,0	54,1	56,0	57,9	58,6	59,7	62,0	62,0	67,3
41-45	72	20,1	28,1	29,6	32,4	37,0	37,1	39,8	41,0	43,0	44,0	46,0	47,5	49,0	50,0	51,0	52,0	53,3	55,0	56,4	58,0	61,0	61,9	63,6
46-50	79	19,8	22,7	28,7	32,8	34,0	35,3	39,0	39,4	41,0	43,0	44,0	45,0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	51,0	51,0	53,0	60,0	60,0	62,7
51-55	79	18,6	20,0	21,9	28,9	32,0	33,0	34,0	36,4	39,0	39,6	40,6	42,5	43,0	44,4	45,0	46,3	47,0	49,6	50,2	52,0	54,0	54,0	56,3
56-60	62	27,2	29,7	30,0	31,0	32,0	32,0	34,3	36,3	38,4	39,4	41,0	42,5	44,0	44,0	45,0	46,0	47,0	49,6	50,9	52,0	56,0	56,2	57,8
61-65	43	19,4	21,6	26,1	28,0	30,6	32,0	34,0	35,0	35,7	36,8	39,7	40,0	41,0	44,0	45,0	45,0	45,5	47,9	48,0	49,8	53,7	54,0	56,9
66-70	38	15,4	16,1	16,9	19,7	30,0	30,0	32,3	34,0	34,0	34,8	36,0	36,5	37,4	38,2	39,1	40,0	42,0	43,7	44,5	45,3	46,2	46,9	53,3
71-75	27	13,3	15,9	17,3	18,6	19,9	20,8	24,5	27,4	30,1	31,4	32,0	33,0	33,6	36,2	37,0	38,0	39,5	41,6	42,1	43,0	44,4	45,4	46,5
76-88	24	11,5	12,4	13,2	14,6	16,0	16,0	17,8	19,8	20,0	20,4	22,0	22,5	23,7	24,0	30,7	32,0	32,0	33,1	33,6	36,8	39,7	42,8	46,9

- La presencia de lesiones agudas o crónicas o limitaciones parciales del aparato locomotor (lo que conduce a la infravaloración de la ROM máxima real)
- El uso frecuente de medicaciones que pueden afectar a la movilidad (por ejemplo, antiinflamatorios y relajantes musculares)
- Por encima de todo, el grado de excelencia o habilidad del deportista en comparación con el de sus iguales en el momento de la medición

Después de recoger los datos del flexitest de cientos de deportistas de competición de alto nivel (muchos de ellos de calibre olímpico o internacional, especialmente en voleibol playa femenino) de ambos sexos entre los 15 y los 35 años de edad e implicados en distintas modalidades deportivas, concluimos que los deportistas tienen niveles de flexibilidad general similares a los de los no deportistas. Las figuras 6.3 y 6.4 reflejan estas puntuaciones del flexitest.

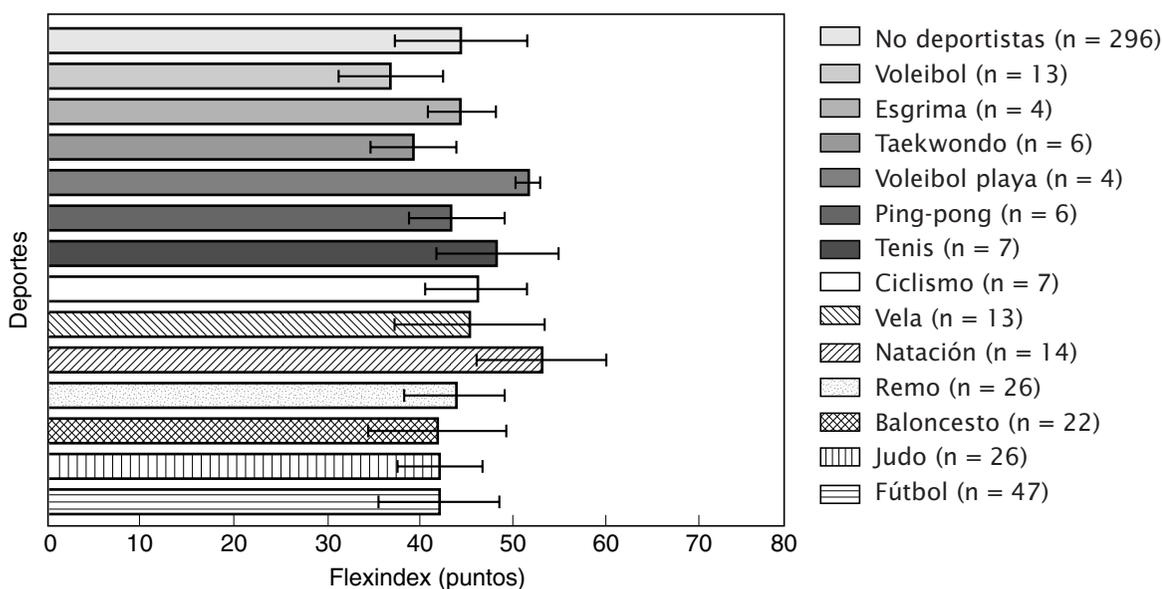


Figura 6.3 Flexindex: hombres deportistas

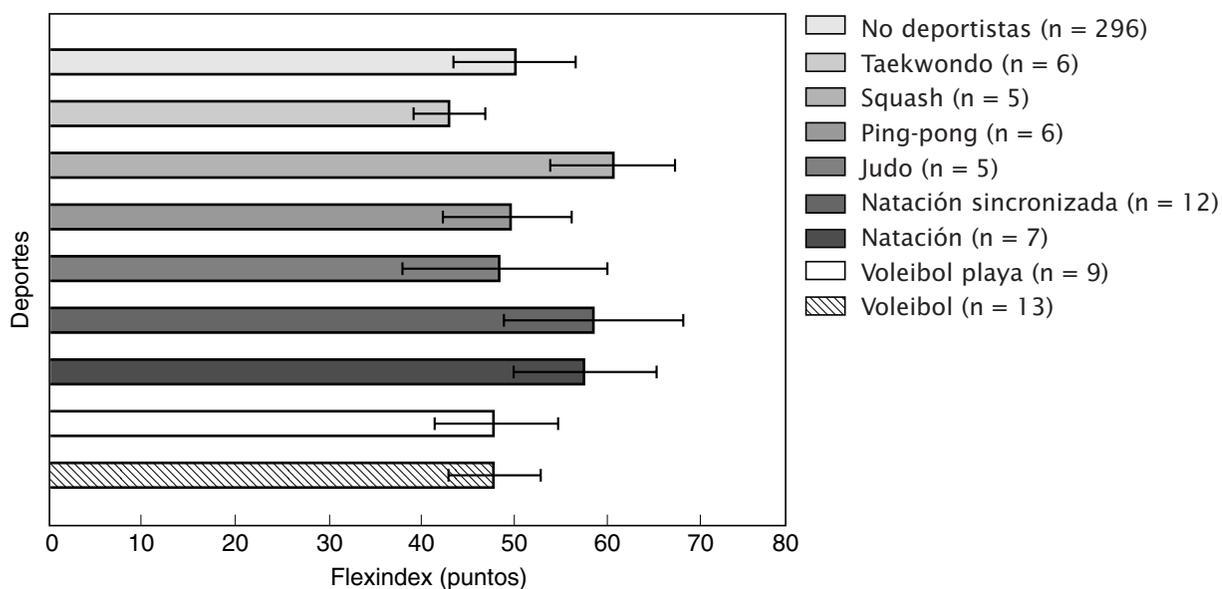


Figura 6.4 Flexindex: mujeres deportistas

Es de esperar que los deportistas de elite dediquen más tiempo a los ejercicios de estiramiento que los que no lo son, y esto puede explicar su gran ROM en movimientos como la flexión del tronco y la aducción de la cadera, que están habitualmente incluidos en el entrenamiento o en las series de calentamiento de la competición. Es interesante ver que la movilidad del hombro tiende a ser menor en los deportistas que en los no deportistas, con la excepción de los deportistas implicados en cualquier modalidad de natación. Esto puede deberse a la gran masa muscular de los deportistas, factor que puede restringir la amplitud de la rotación y de los movimientos posteriores del hombro. Hemos encontrado que una excelente actuación deportiva –incluidas las medallas de oro olímpicas y los títulos de campeón del mundo en judo, fútbol y voleibol– puede ser obtenida por deportistas con niveles de flexindex en general en los intervalos de  $P_{25}$  a  $P_{50}$  para su edad y sexo, pero con una movilidad superior en algunos movimientos especialmente relevantes para su modalidad deportiva. Por tanto, los deportistas de algunas modalidades deportivas necesitan claramente un nivel de flexibilidad superior al de otros, como las mujeres en la natación sincronizada y los nadadores en general si los comparamos con yudocas, regatistas, futbolistas y jugadores de voleibol y baloncesto. Además los deportistas que practican el mismo deporte pueden tener perfiles significativamente distintos de flexibilidad, dependiendo de su técnica de lanzamiento favorita (es decir, el *o-soto-gari* frente a *ippon-seoi-nage* en judo) o posición (es decir, portero de fútbol frente a defensa).

## Análisis de los datos de grupo

Los resultados del flexindex pueden ser también analizados con estadística paramétrica, especialmente si la muestra incluye a más de 10 o 20 sujetos. Pueden usarse desviaciones medias y estándar o, si se prefiere un enfoque más conservador, valores de media y de intervalo o variaciones intercuartiles.

Para comparar los resultados del flexindex procedentes de muestras, se pueden elegir tests infe-

renciales paramétricos convencionales, como el *test de la t de Student*, o su equivalente no paramétrico, el *test de Mann-Whitney*, cuando la naturaleza de la distribución de la puntuación no está muy clara o el tamaño de la muestra es pequeño. Cuando sea necesario el análisis de dos muestras, se recomienda el uso del *test de Wilcoxon* para muestras emparejadas (es decir, conjuntos de datos procedentes de la evaluación y la reevaluación).

La valoración de la fiabilidad de los resultados del flexindex, similar a la valoración de movimientos individuales, puede ser realizada por la estadística de kappa o, preferiblemente, mediante la determinación del *coeficiente de correlación intraclass*; cuanto más se acerca el resultado a 1, mayor es su fiabilidad. Una alternativa válida utilizada para estimar el nivel de acuerdo entre tres o más evaluadores es el *coeficiente de correlación de Kendall*.

Para estudios de correlación, las puntuaciones del flexindex pueden considerarse como variables interválicas y, dependiendo de las categorías estadísticas de otras variables, se puede determinar el coeficiente de correlación del producto-momento de Pearson.

## Análisis del movimiento

Tal y como hemos mencionado anteriormente, existen cinco resultados posibles procedentes de un movimiento único del flexitest, representados por los números enteros del 0 al 4. La escala fue desarrollada para ajustarse a la distribución de Gauss (en forma de campana, tendiendo a ser la puntuación 2 la más frecuente; las puntuaciones 1 y 3, ocasionales, y las puntuaciones extremas 0 o 4, raras). En la práctica, no es común obtener las cinco puntuaciones en un determinado movimiento en una muestra pequeña de sujetos adultos. Las frecuencias absolutas y relativas de cada puntuación, detectadas como porcentajes, son las descripciones más habituales de un resultado de movimiento. Los resultados pueden agruparse y obtenerse frecuencias acumulativas, que van de las puntuaciones más bajas a las más altas.

## Análisis de los datos individuales

La interpretación de las puntuaciones por el movimiento para un individuo determinado se realiza eficientemente a través del flexograma –la

presentación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los 20 movimientos en función del estándar esperado para la edad y el sexo tomado de una población grande. Cada frecuencia acumulativa de movimiento para el grupo relevante de edad y sexo, registrado en el banco de datos, se utiliza para generar el flexograma, que aporta una comparación gráfica de los resultados para cualquier movimiento del flexitest con la distribución en nuestro banco de datos. Cada barra representa los resultados para un movimiento en el 100% de la población de la muestra, con diferentes colores o sombreados que reflejan el porcentaje de sujetos que alcanzaron cada una de las cinco posibles puntuaciones. El flexograma de la figura 6.5, por ejemplo, muestra que para el movimiento XV, aproximadamente un 10% de los suje-

tos puntuó un 0, un 10% puntuó un 4, un 10% puntuó un 1, un 30% puntuó un 3 y el 40% restante puntuó un 2. Para el movimiento XX, aproximadamente el 40% puntuó un 0 o un 1, otro 40% puntuó un 2 y el 20% restante de sujetos puntuó un 3 o un 4.

Los flexogramas de la muestra para grupos de hombres y mujeres de diversas edades se presentan en las figuras 6.6 a 6.23, así como hay flexogramas para futbolistas, judocas y nadadores y varones, en las figuras 6.24 a 6.26. A partir de su flexograma se puede deducir que los judocas alcanzaron habitualmente puntuaciones de 2 ó 3 en los movimientos del flexitest, a excepción de unos pocos sujetos que puntuaron 4 en los movimientos II, III y VII, y un deportista que puntuó un 0 en el movimiento X.

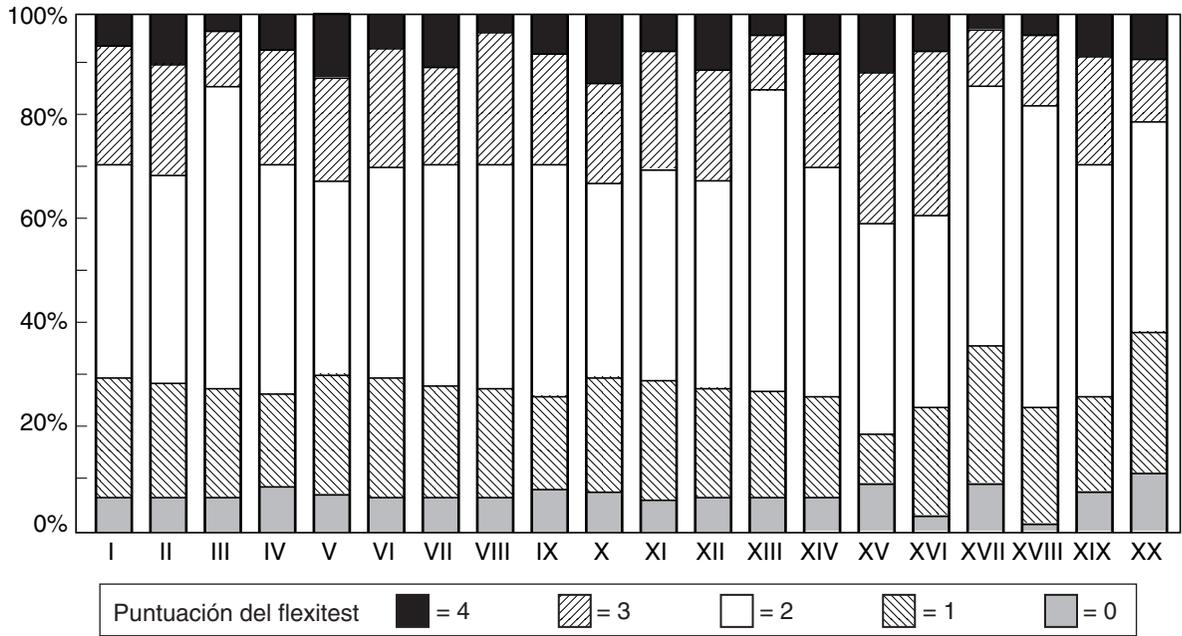


Figura 6.5 Ejemplo de un flexograma.

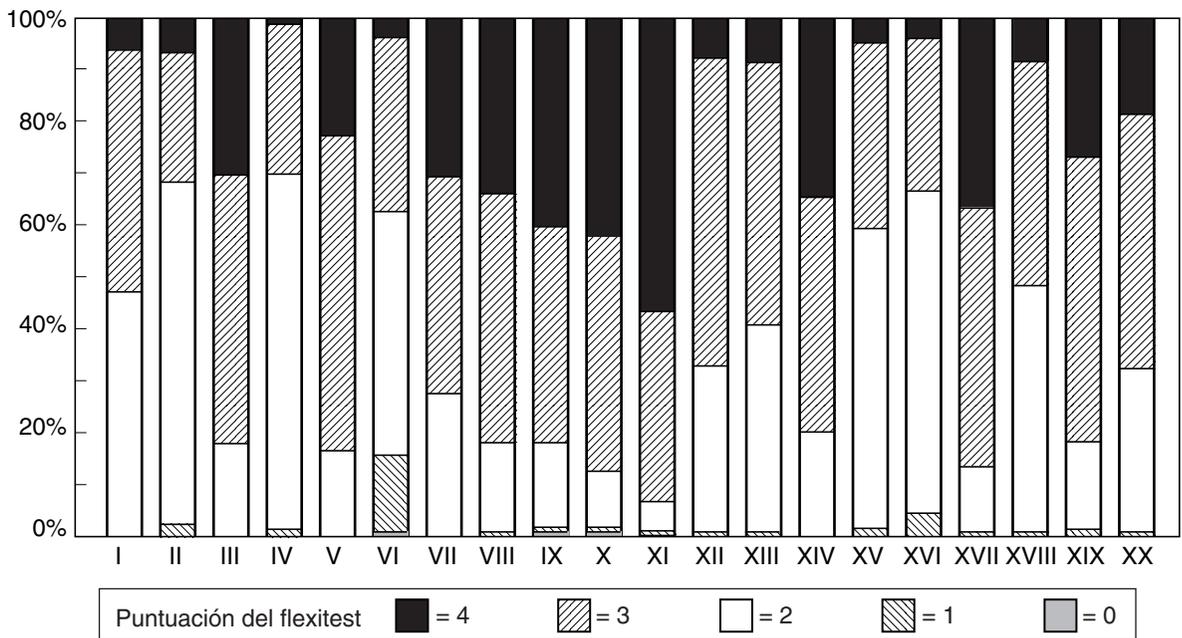


Figura 6.6 Flexograma: varones de 5 a 9 años de edad.

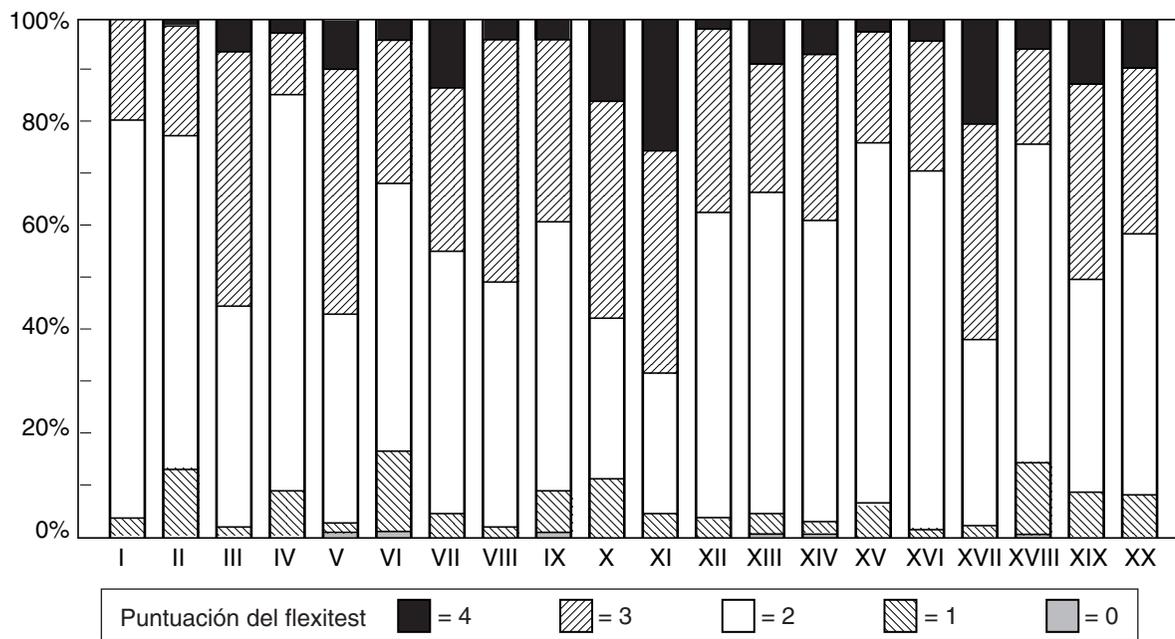


Figura 6.7 Flexograma: varones de 10 a 15 años de edad.

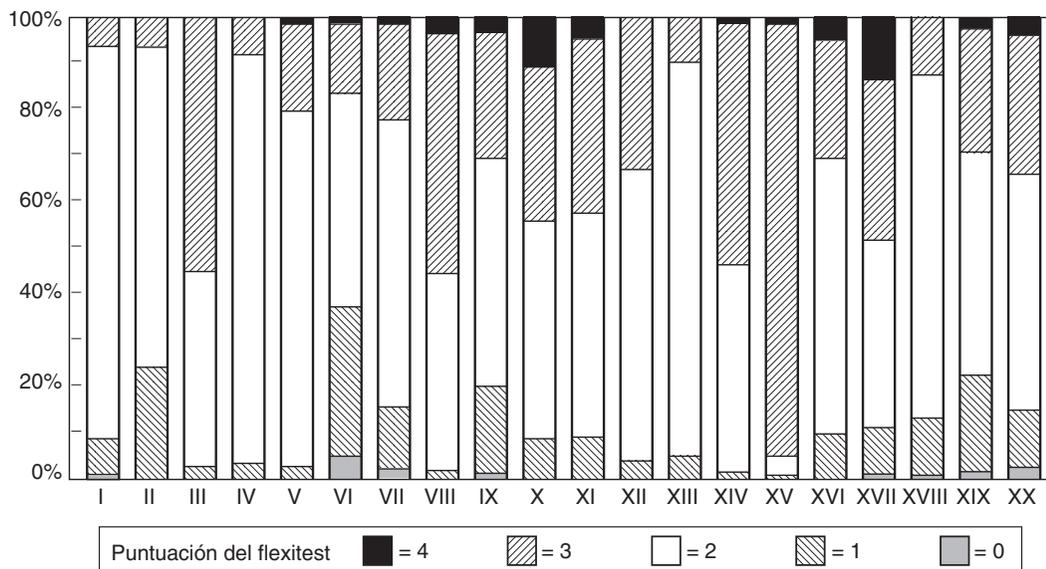
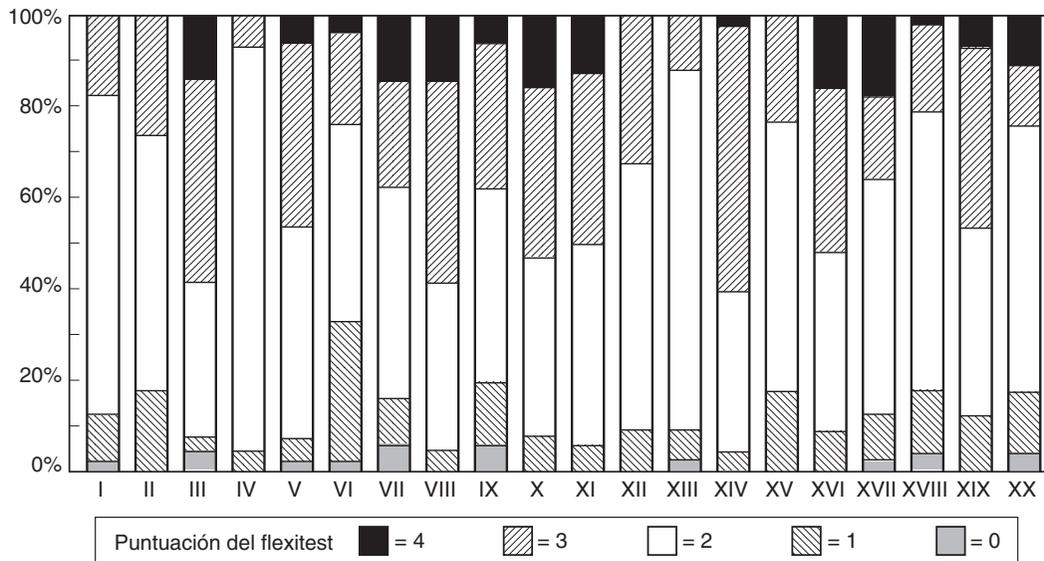
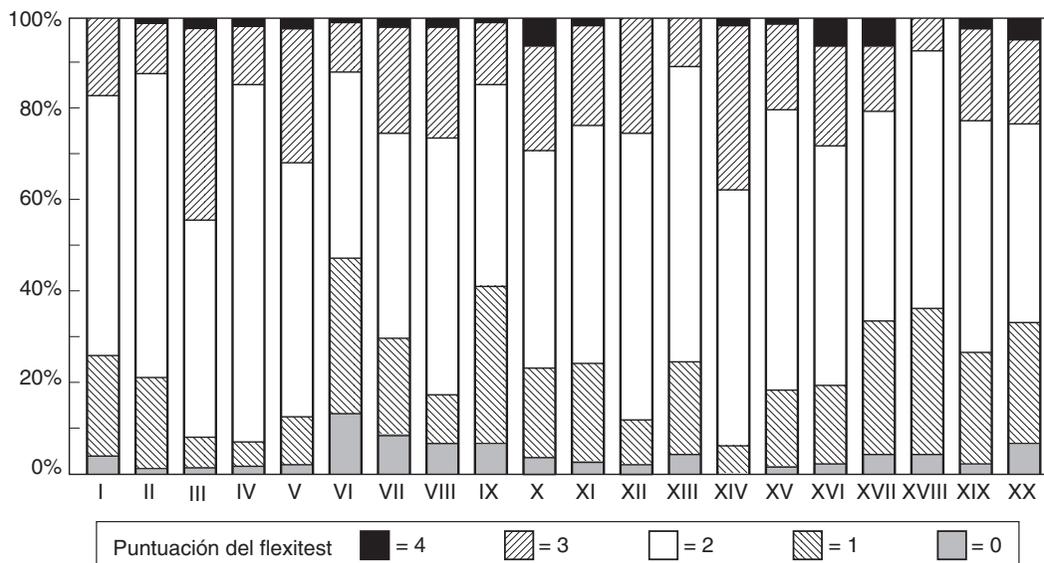


Figura 6.8 Flexograma: varones de 16 a 25 años de edad.



**Figura 6.9** Flexograma: varones de 26 a 35 años de edad.



**Figura 6.10** Flexograma: varones de 36 a 45 años de edad.

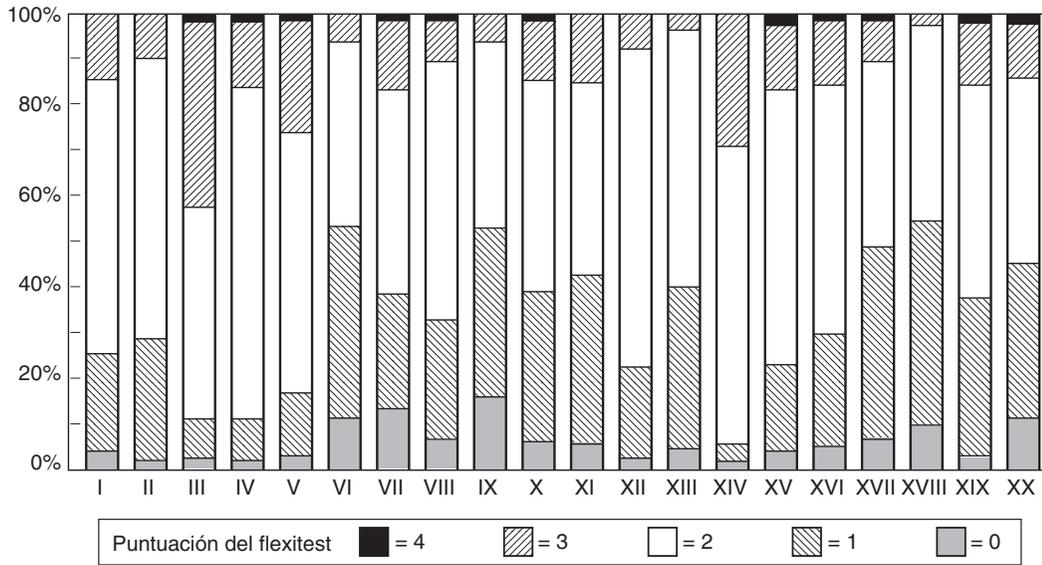


Figura 6.11 Flexograma: varones de 46 a 55 años de edad.

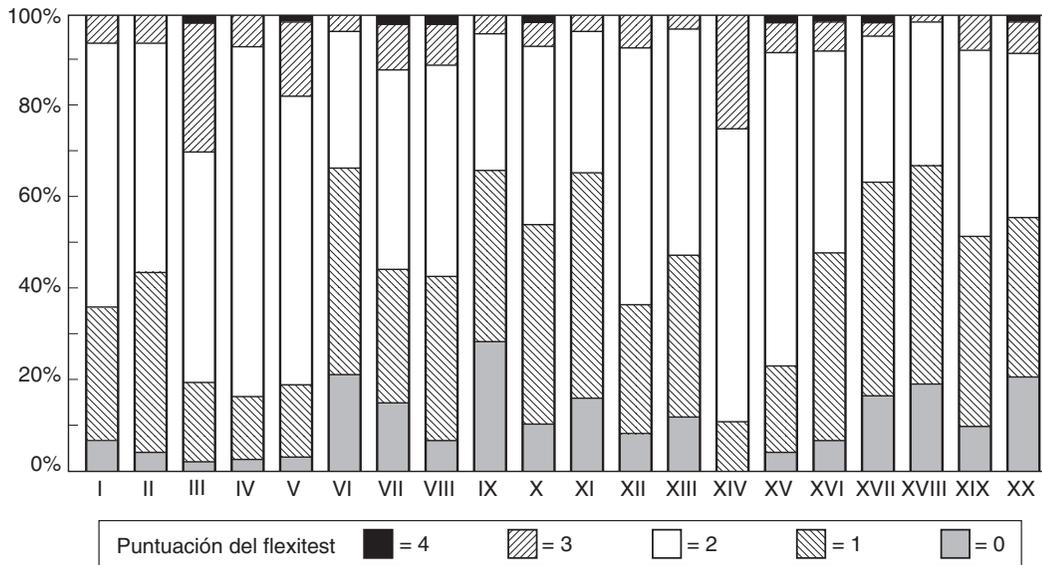
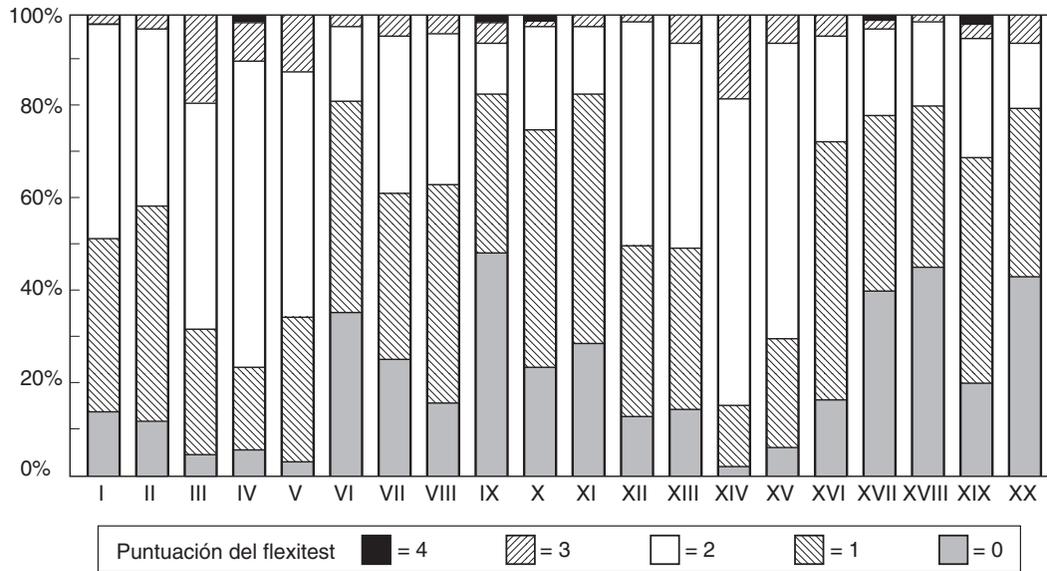
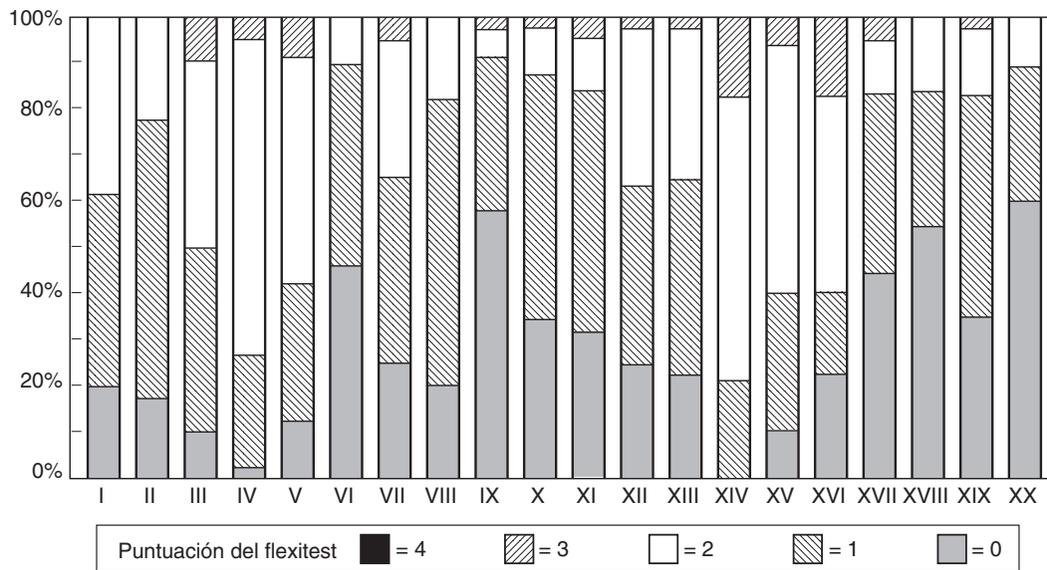


Figura 6.12 Flexograma: varones de 56 a 65 años de edad.



**Figura 6.13** Flexograma: varones de 66 a 75 años de edad.



**Figura 6.14** Flexograma: varones de 76 a 88 años de edad.

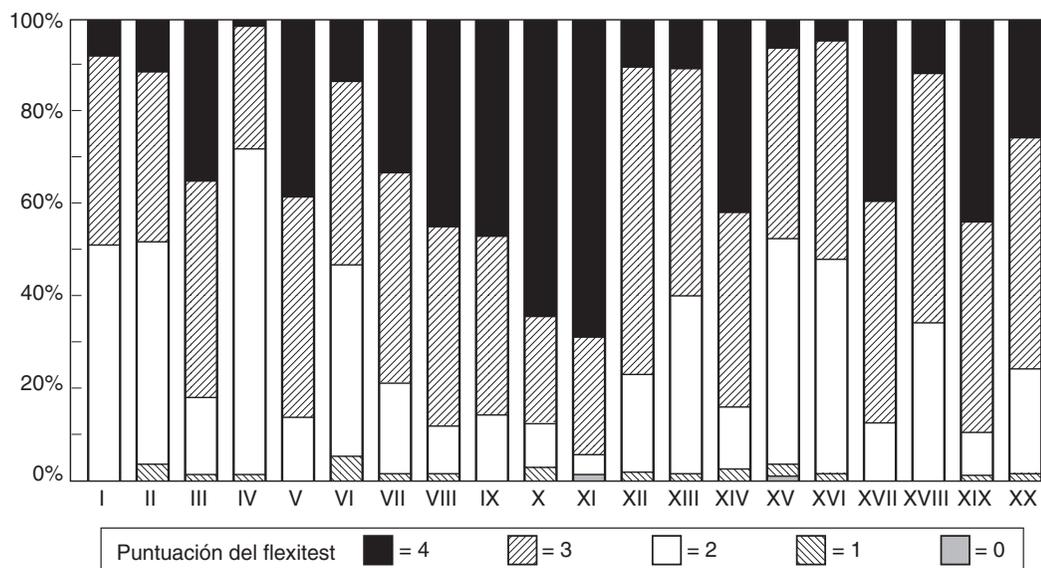


Figura 6.15 Flexograma: mujeres de 5 a 9 años de edad.

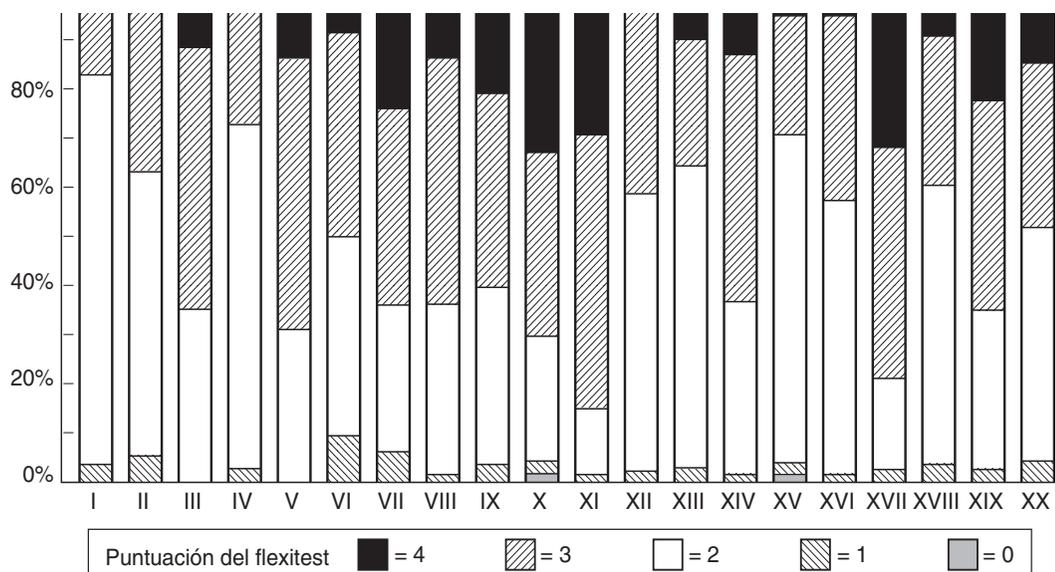


Figura 6.16 Flexograma: mujeres de 10 a 15 años de edad.

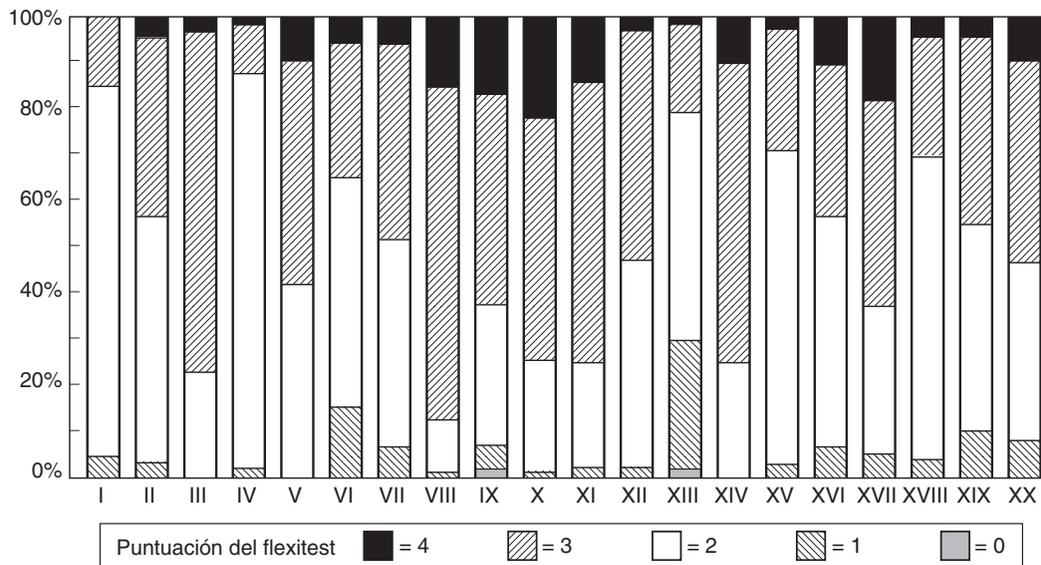


Figura 6.17 Flexograma: mujeres de 16 a 25 años de edad.

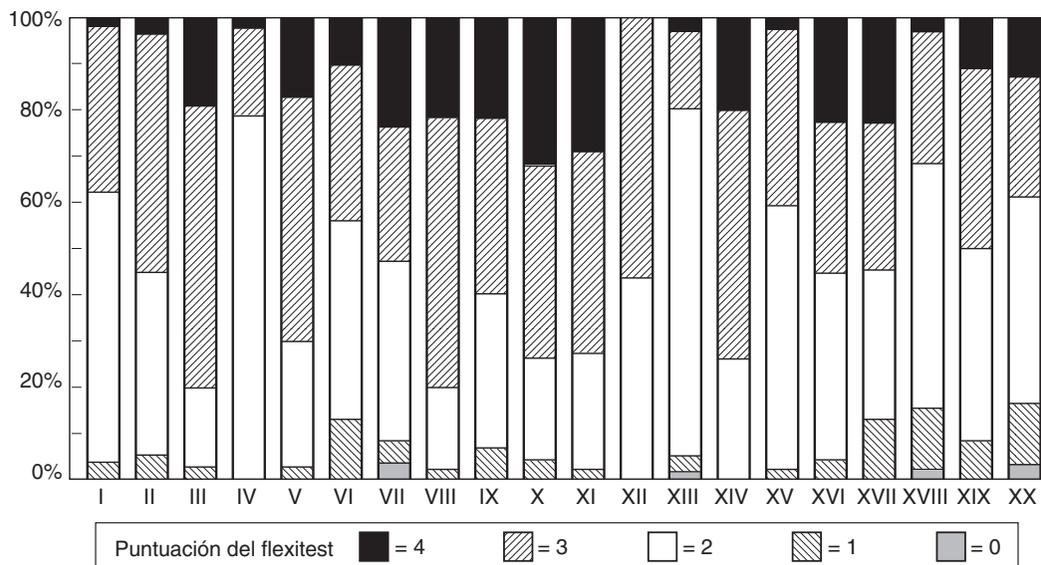


Figura 6.18 Flexograma: mujeres de 26 a 35 años de edad.

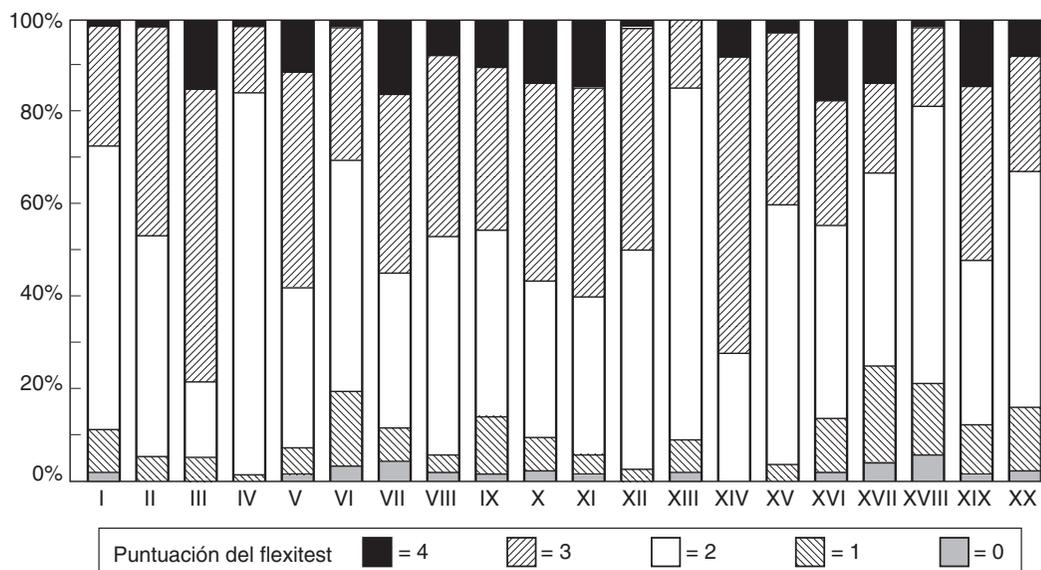


Figura 6.19 Flexograma: mujeres de 36 a 45 años de edad.

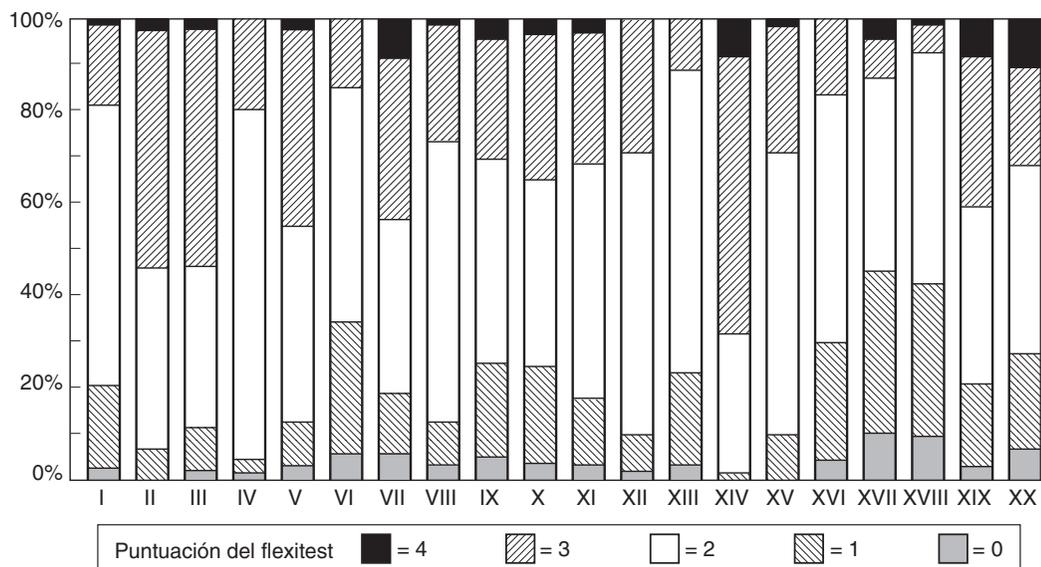
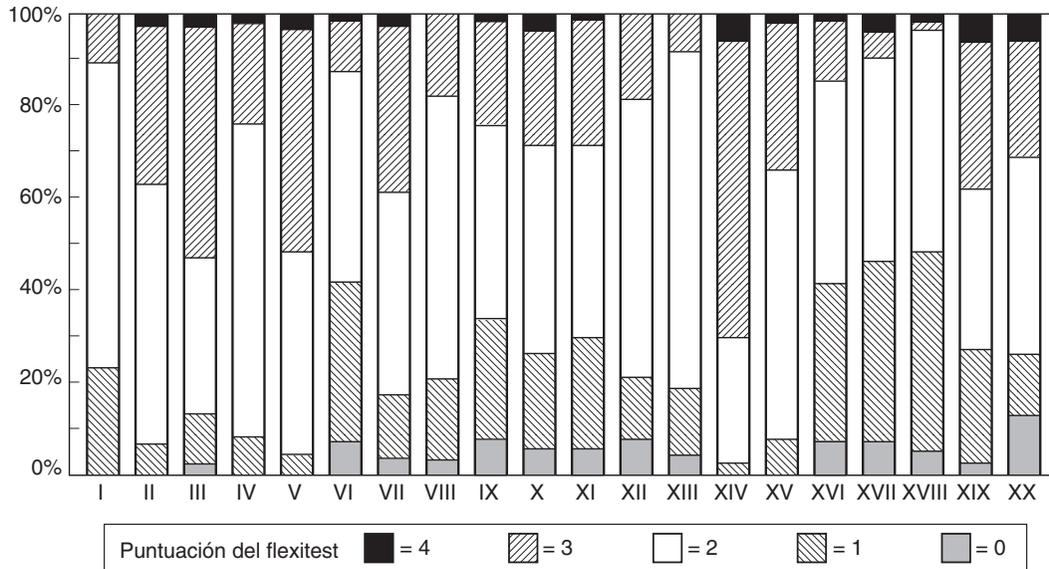
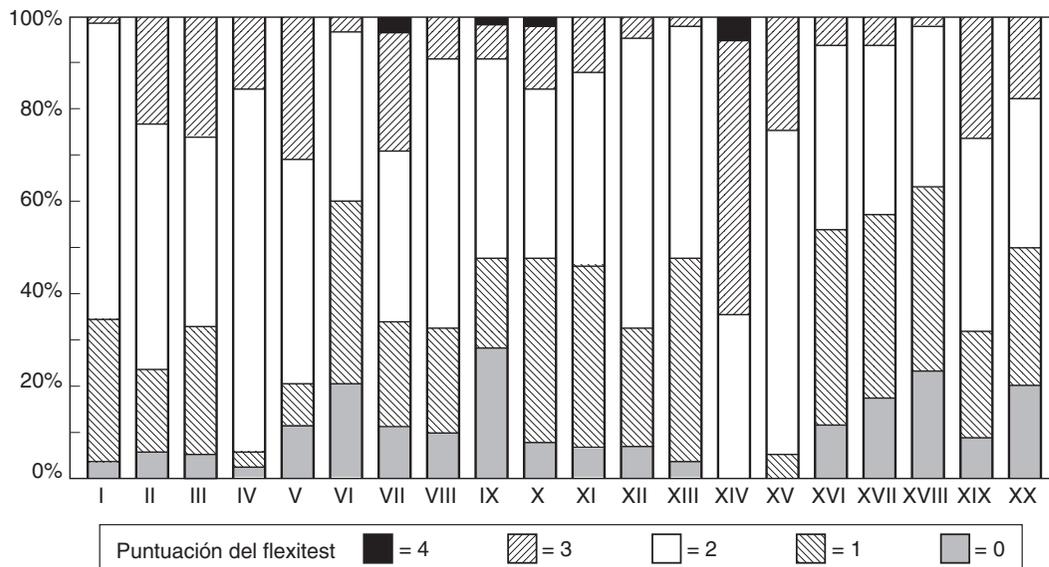


Figura 6.20 Flexograma: mujeres de 46 a 55 años de edad.



**Figura 6.21** Flexograma: mujeres de 56 a 65 años de edad.



**Figura 6.22** Flexograma: mujeres de 66 a 75 años de edad.

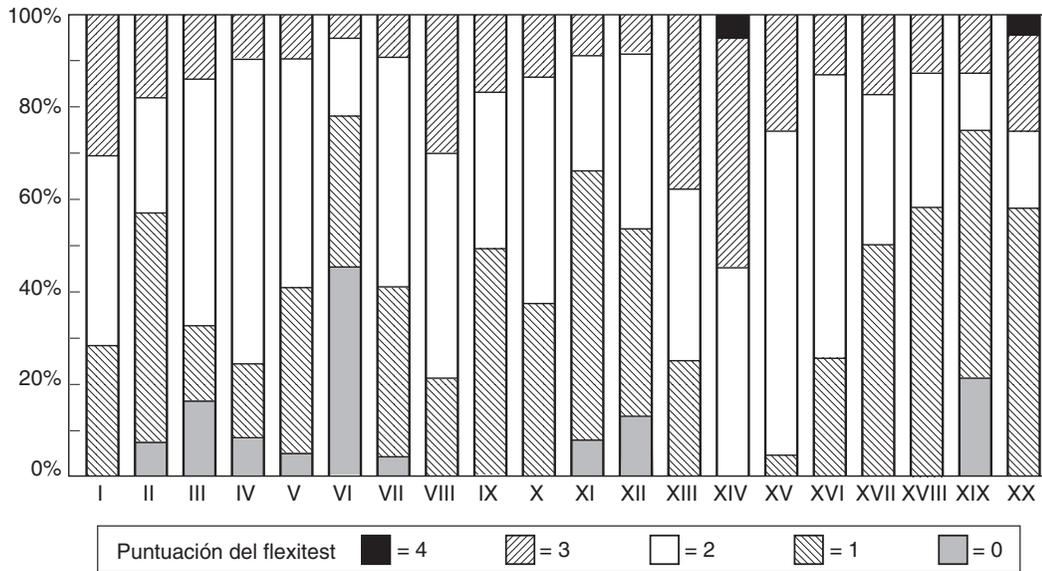


Figura 6.23 Flexograma: mujeres de 76 a 88 años de edad.

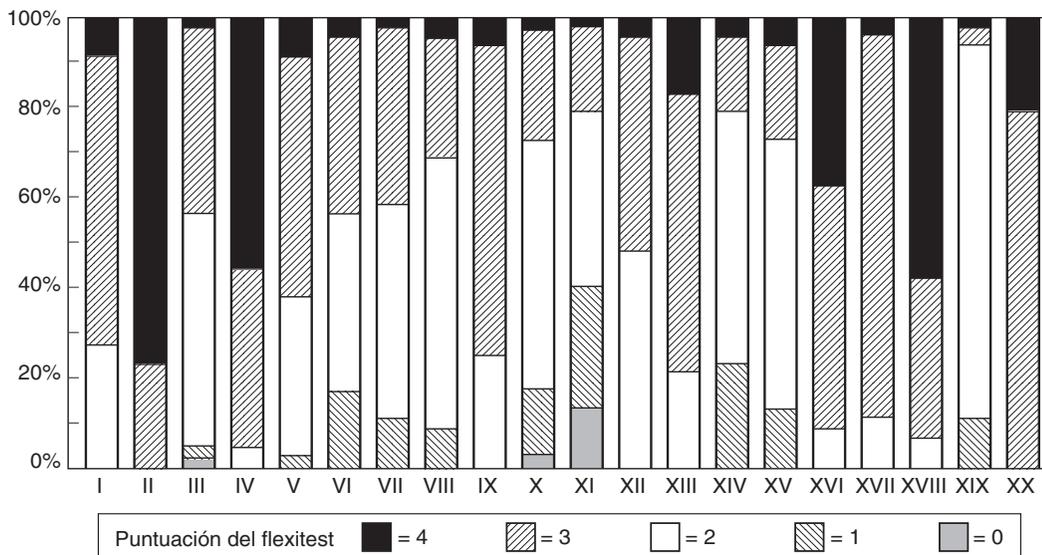


Figura 6.24 Flexograma: jugadores de fútbol adultos masculinos.

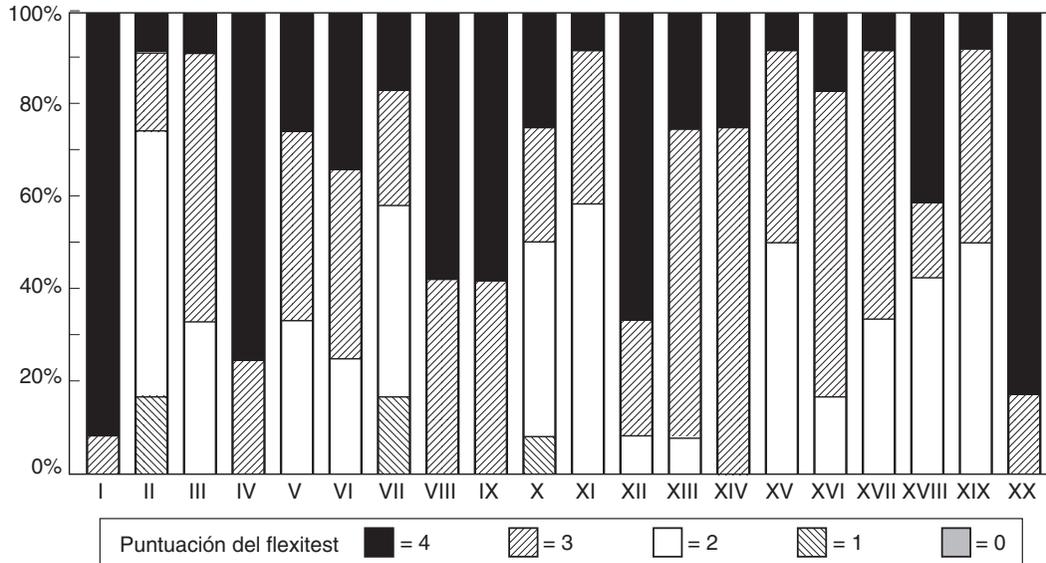


Figura 6.25 Flexograma: yudocas adultos masculinos.

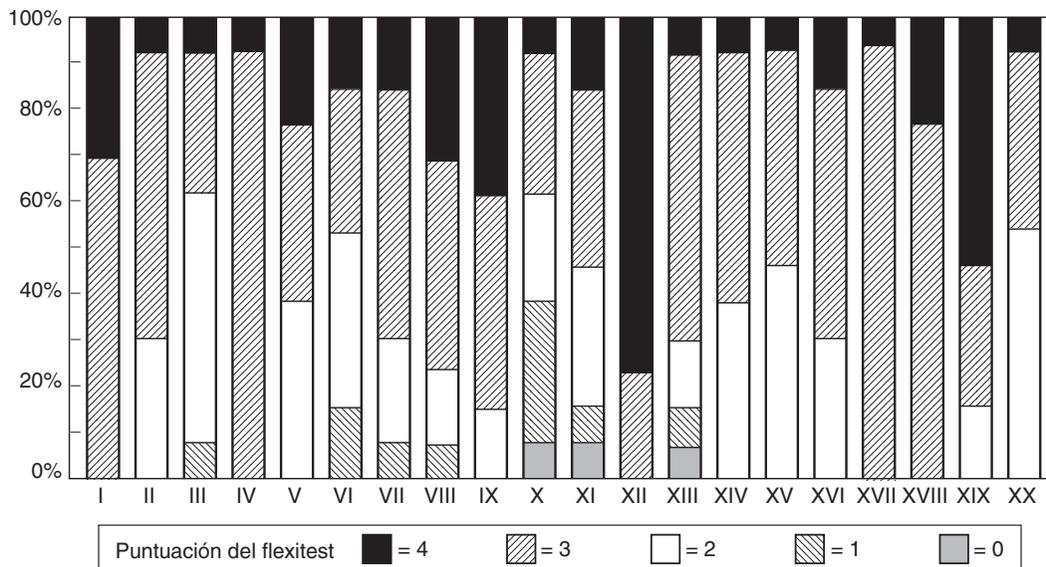


Figura 6.26 Flexograma: nadadores adultos masculinos.

## Análisis de los datos de grupo

Para la comparación de puntuaciones de movimiento entre distintos grupos o para mediciones repetidas en el mismo grupo, la estadística del chi-cuadrado es probablemente la mejor opción y la más clásica. Cuando trabajamos con grandes muestras, los datos tienden a mostrar una distribución normal y se pueden utilizar técnicas estadísticas paramétricas convencionales, a pesar del hecho de que las fracciones de unidad en desviaciones medias y estándares no tienen sentido.

## Comparación de la movilidad entre articulaciones

El flexitest mide las ROM de siete conjuntos de articulaciones (el número entre paréntesis es el número de movimientos dedicados a cada articulación):

1. Tobillo (2)
2. Rodilla (2)
3. Cadera (4)
4. Tronco (3)
5. Muñeca (2)
6. Codo (2)
7. Hombro (5)

## Análisis de los datos individuales

Es preferible comparar la flexibilidad de distintas articulaciones del mismo individuo; sin embargo, como hay diversos números de movimientos por articulación, las sumas de las puntuaciones para articulaciones individuales no son directamente comparables. Una estrategia matemática simple utilizada para permitir comparaciones es estandarizar las sumas y transformarlas en puntuaciones ajustadas mediante la multiplicación de cada suma por 20 y la división luego del resultado por el número de movimientos para cada articulación específica. Por ejemplo, para el tobillo hay dos movimientos; por tanto, las dos puntuaciones

se suman, la suma se multiplica por 20 (número total de movimientos), y el total se divide por dos (el número de movimientos para esta articulación). Este resultado final es directamente comparable con la puntuación del flexindex general y con las otras puntuaciones articulares ajustadas. La tabla 6.4 muestra dos ejemplos para ilustrar cómo puede variar la flexibilidad en dos personas que tienen la misma puntuación del flexindex. Las puntuaciones articulares estandarizadas revelan las diferencias específicas.

Los sujetos A y B tienen el mismo nivel de flexibilidad general; sin embargo, sus perfiles de movilidad por articulación son significativamente distintos. La flexibilidad de la rodilla y la cadera del sujeto A es ligeramente mayor que su flexibilidad general, y la movilidad del hombro muestra una reducción relativamente sustancial. El sujeto B muestra una movilidad reducida en las extremidades inferiores y una movilidad relativamente más alta en las extremidades superiores. Alternativamente, se puede simplificar el análisis a cinco conjuntos de articulaciones mediante la agrupación de los resultados del tobillo y la rodilla, y los datos de la muñeca y el codo.

Las puntuaciones individuales del flexindex (la suma de las 20 puntuaciones de movimientos) se deben analizar siempre con las normas de referencia para la edad y el sexo.

**Tabla 6.4 Ejemplo de disparidad de la puntuación articular con idéntico flexindex**

Fuente	Sujeto A	Sujeto B
Flexindex	40	40
Puntuación articular estandarizada		
Tobillo	40	30
Rodilla	50	30
Cadera	45	25
Tronco	47	40
Muñeca	40	50
Codo	40	50
Hombro	28	52

La puntuación estandarizada ponderada para cada articulación permite al evaluador comparar inmediatamente la movilidad en las distintas articulaciones de una persona. Las puntuaciones más altas reflejan una movilidad más alta, y las puntuaciones más bajas, una movilidad más baja. Si se produce una discrepancia significativa entre las puntuaciones estandarizadas valoradas para las distintas articulaciones, el análisis de los índices de variabilidad, que expondremos posteriormente, podría aportar información útil a los propósitos clínicos o de rendimiento deportivo.

## Análisis de los datos de grupo

Para la comparación de las distintas puntuaciones de flexibilidad en articulaciones específicas o para mediciones repetidas en el mismo grupo, el evaluador puede utilizar técnicas inferenciales paramétricas, incluidos los tests de la *t* y los análisis de variancia, ya que estos datos tienden a tener una distribución normal.

## Análisis del perfil de homogeneidad de la flexibilidad

De acuerdo con la teoría de especificidad de la flexibilidad, es muy raro que una persona alcance idénticas puntuaciones en todos los movimientos del flexitest. Las puntuaciones articulares estandarizadas fueron introducidas para tener en cuenta la comparación directa de la movilidad entre las siete articulaciones. Sin embargo, este enfoque no es suficiente para revelar todas las distintas posibilidades de heterogeneidad en las mediciones del flexitest en un individuo determinado. En teoría, el mismo resultado de flexindex puede originarse de distintas combinaciones de resultados para cada movimiento. Por ejemplo, una puntuación del flexindex de 40 puede coincidir si todos los movimientos fueron puntuados con 2 o si 10 movimientos fueron puntuados con 1 y los otros 10 con 3. Aunque el flexindex es el mismo en ambos casos, el *perfil de la movilidad articular pasiva* para cada uno es bastante distinto. Por tanto, la valoración de la flexibilidad general no debe considerar únicamente el flexindex, sino también el perfil de las ROM de los movimientos individuales.

El perfil de homogeneidad de medición de la flexibilidad para un sujeto puede valorarse utilizando cinco índices adimensionales, todos ellos pertenecientes a una escala de relación (ratio) de medición especialmente calculada para este propósito:

1. Índice de variabilidad intermovimiento (IVIM)
2. Índice de variabilidad interarticular (IVIA)
3. Índice de variabilidad flexión-extensión (IVFE)
4. Índice de variabilidad entre segmentos (IVES)
5. Índice de variabilidad distal-proximal (IVDP)

La homogeneidad de las puntuaciones de movilidad articular registradas por estos índices específicos –IVIM, IVIA, IVFE, IVES e IVDP– es muy importante para la interpretación de los resultados individuales del flexitest. Cuanto mayor sea la heterogeneidad de las mediciones, más fácilmente se manifestarán las limitaciones de la movilidad articular. Algunas puntuaciones de variabilidad son sustancialmente distintas entre deportistas y no deportistas, ya que reflejan perfiles específicos de flexibilidad corporal que pueden corresponder a las características de los deportes practicados. A pesar de que estos índices son adimensionales y medidos en una escala de relación (ratio), su distribución es de algún modo asimétrica, lo que impone algunas limitaciones en el uso de estadísticas paramétricas para comparar resultados de índices en dos o más muestras o mediciones. Por este motivo, preferimos utilizar intervalos de percentiles en lugar de las desviaciones estándar de las medias en la interpretación de estos índices de variabilidad.

Es interesante que los primeros dos índices –IVIM e IVIA, que evalúan la dispersión de las mediciones alrededor de las puntuaciones de la media– no están influidos por la edad, el sexo o la puntuación del flexindex, lo cual facilita su interpretación. Como los otros tres índices son relaciones calculadas, tienden a presentar valores entorno a la unidad. Mediante la atribución de expresiones para estos resultados, los sujetos evaluados pueden ser categorizados con un perfil de flexibilidad homogénea o normal, ligeramente atípica o muy atípica (las dos últimas expresiones tienen categorías para más y menos flexible de lo normal) como una función de cada uno de los resultados de los índices de variabilidad (véase tabla 6.5).

**Tabla 6.5** Valores de referencia basados en los intervalos del percentil para los índices de variabilidad del flexitest

Variabilidad	Percentil	IVIM	IVIA	IVFE	IVES	IVDP
<i>Hombres</i>						
Muy atípica	< P <sub>5</sub>	< 0,44	< 0,21	< 0,80	< 0,74	< 0,74
Atípica	P <sub>5</sub> -P <sub>17</sub>	0,44-0,54	0,21-0,28	0,80-0,93	0,74-0,86	0,74-0,87
Normal	P <sub>18</sub> -P <sub>83</sub>	0,55-0,78	0,29-0,54	0,94-1,29	0,87-1,25	0,88-1,30
Atípica	P <sub>84</sub> -P <sub>95</sub>	0,79-0,85	0,55-0,64	1,30-1,71	1,26-1,64	1,31-2,09
Muy atípica	> P <sub>95</sub>	> 0,85	> 0,64	> 1,71	> 1,64	> 2,09
<i>Mujeres</i>						
Muy atípica	< P <sub>5</sub>	< 0,48	< 0,21	< 0,83	< 0,78	< 0,75
Atípica	P <sub>5</sub> -P <sub>17</sub>	0,48-0,54	0,21-0,28	0,83-1,00	0,78-0,88	0,75-0,83
Normal	P <sub>18</sub> -P <sub>83</sub>	0,55-0,79	0,29-0,54	1,01-1,29	0,89-1,18	0,84-1,13
Atípica	P <sub>84</sub> -P <sub>95</sub>	0,80-0,88	0,55-0,64	1,30-1,51	1,19-1,44	1,14-1,74
Muy atípica	> P <sub>95</sub>	> 0,88	> 0,65	> 1,51	> 1,44	> 1,74

IVIM: índice de variabilidad intermovimiento; IVIA: índice de variabilidad interarticular; IVFE: índice de variabilidad flexión-extensión; IVES: índice de variabilidad entre segmentos; IVDP: índice de variabilidad distal-proximal.

### Índice de variabilidad intermovimiento (IVIM)

El IVIM representa la *variabilidad de las puntuaciones de distintos movimientos, a pesar del tipo cinesiológico de la articulación o del movimiento*. Es la desviación estándar de las puntuaciones individuales para los 20 movimientos. Teóricamente, el IVIM puede ir de 0 a 2, pero raras veces es superior a 1. El IVIM medio es aproximadamente 0,65 tanto para hombres como para mujeres, y en dos tercios de los individuos oscila entre 0,40 y 0,90. Un niño con 5 puntuaciones de 1, 5 puntuaciones de 3, y 10 puntuaciones de 2 para los 20 movimientos del flexitest tiene un flexindex de 40 y un IVIM de 0,63. Unos valores altos de IVIM están normalmente relacionados con la presencia de puntuaciones anormalmente bajas en uno o dos movimientos, particularmente en niños o deportistas, a menudo a causa de los efectos de una lesión previa o de una limitación del movimiento actual.

### Índice de variabilidad interarticular (IVIA)

El IVIA refleja el grado de *variabilidad de la ROM entre las distintas articulaciones valoradas con el flexitest*. El IVIA se establece mediante el cálculo de la desviación estándar de las puntuaciones medias de los movimientos de cada uno de los siete conjuntos articulares de un sujeto. El valor medio del IVIA está alrededor del 0,4 en hombres y mujeres; el 70% de los resultados oscila entre 0,25 y 0,55. Un estudiante cuyos movimientos de tobillo, cadera, tronco, muñeca y hombro puntuaron 2, los movimientos de codo puntuaron 1 y los movimientos de rodilla puntuaron 3 alcanzando por tanto un flexindex de 40 puntos, tendrá un IVIA de 0,53. Unos valores altos de IVIA se encuentran habitualmente en sujetos que tienen una lesión, una movilidad limitada o una hiperlaxitud articular, mientras que unos valores bajos son más frecuentes en sujetos no entrenados con niveles de movilidad articular cercanos a la media.

## Índice de variabilidad de flexión-extensión (IVFE)

El IVFE *compara la movilidad de los movimientos de flexión y extensión*. El IVFE se calcula como una relación entre las medias de las puntuaciones obtenidas para todos los movimientos de flexión y extensión del tobillo, rodilla, cadera, tronco, muñeca y codo. Si el sistema de puntuación del flexitest muestra que existe una movilidad similar en los movimientos de flexión y extensión, el valor del IVFE es en torno a 1. Aunque los resultados pueden tener teóricamente valores positivos sobre una escala amplia, en la práctica casi todos los valores van de 0,5 a 2. Existe una diferencia muy pequeña e insignificante entre hombres y mujeres para este índice. Cuando únicamente el IVFE es alto, existe una predominancia de la movilidad de flexión sobre la de extensión, que está usualmente asociado con la pérdida del tono muscular y una importante rigidez articular, como se observa con frecuencia en los niños pequeños, especialmente en los de menos de un año de vida, a causa de la predominancia de los músculos flexores sobre los extensores. En algunos casos patológicos, como en pacientes con espasticidad, puede haber discrepancias significativas de la movilidad en la flexión y la extensión y pueden identificarse por puntuaciones del IVFE que se alejan de la unidad.

## Índice de variabilidad entre segmentos (IVES)

El IVES *compara la movilidad pasiva entre la parte inferior del cuerpo y la superior*. El IVES se calcula como una relación entre las medias de ocho movimientos de la extremidad inferior y nueve movimientos de la extremidad superior. Si la movilidad es igual en ambas extremidades, el resultado es 1. Cuando la movilidad pasiva valorada con el flexitest es mayor en las extremidades inferiores, el IVES es superior a 1; lo contrario se aplica para una movilidad mayor de la extremidad superior. Los valores pueden variar considerablemente, pero en la mayoría de los casos están cerca de la unidad. Si todas las puntuaciones de un segmento fueran 0, lo cual es extremadamente raro, el valor IVES sería infinito y no podría determinarse. La tendencia de los valores IVES en nuestros datos de laboratorio son puntuaciones promedio de 1, con algu-

nas ligeras diferencias para el sexo que incrementan con la edad. Se encontraron respectivamente para hombres y mujeres valores medios de 1,07 y 1,04, con puntuaciones en dos tercios de los hombres y mujeres que iban de 0,86 a 1,25 y de 0,88 a 1,18 respectivamente. Cuando el IVES excede el 1, se debe a la predominancia de la amplitud de movilidad pasiva en uno de los segmentos, sea en la extremidad inferior (cuando el IVES es muy superior a 1) o en la extremidad superior (cuando el IVES es muy inferior a 1). Un valor alto de IVES podría ser un signo de dimorfismo muscular que se encuentra a veces en individuos que están mucho más desarrollados y fuertes (y a menudo también son menos flexibles) en la parte superior del cuerpo que en las extremidades inferiores.

## Índice de variabilidad distal-proximal (IVDP)

El IVDP *caracteriza las diferencias entre la movilidad pasiva máxima de las articulaciones distales y proximales de las extremidades*. El IVDP se calcula como la relación de las puntuaciones medias de ocho movimientos distales del tobillo, rodilla, muñeca y codo y las puntuaciones medias de nueve movimientos proximales de la cadera y el hombro. Igual que en el índice anterior, si la flexibilidad de un sujeto es homogénea, el IVDP es igual a 1. Cuando la movilidad pasiva distal excede la proximal, el IVDP aumenta y viceversa. Los valores son siempre positivos, empiezan en 0,01 y alcanzan eventualmente valores tan altos como 10 o incluso superiores. Cuando el valor proximal es cero y es imposible calcular el índice, o cuando su magnitud excede el 10, el resultado se considera 10 para análisis estadísticos posteriores. El IVDP está directamente relacionado con la edad ( $r > 0,36$  y  $< 0,46$ ) e inversamente relacionado con el flexindex ( $r < -0,48$  y  $> -0,60$ ). En los niños y adolescentes (hasta los 15 años de edad), los valores superiores a la media para cada sexo son bastante raros (del 5 al 10% de los casos). La mayoría de los sujetos por encima de los 60 años de edad tienen unos resultados de IVDP más elevados que la media para cada sexo, 1,15 para los hombres y 1,04 para las mujeres. Cuando se compara a dos individuos con resultados similares del flexindex, el sujeto con un IVDP más alto tenderá a ser mayor. Valores altos de IVDP son frecuentes

en sujetos mayores, sedentarios, y tienden a disminuir después de un entrenamiento de estiramientos. Por otro lado, existe un patrón de movilidad infantojuvenil, que refleja una movilidad pasiva distal menor que la proximal y consecuentemente da lugar a un IVDP bajo. Finalmente, un IVDP alto muestra que la movilidad pasiva de los movimientos articulares distales –en tobillo, rodilla, muñeca y codo- excede bastante de la movilidad pasiva de las articulaciones proximales, es decir, la cadera y el hombro.

Los deportistas tienen un perfil de flexibilidad más heterogéneo por movimiento que los no deportistas, un hecho obvio en los cinco índices de variabilidad. La única excepción es el IVDP de las mujeres, en el que las deportistas y las no deportistas muestran valores similares. Por tanto, a menudo se observan unos perfiles de flexibilidad heterogéneos superiores en aquellos individuos dedicados a los deportes de competición. En estos individuos, los niveles más altos de flexibilidad se encontraron en las articulaciones que realizaban movimientos biomecánicamente relevantes para el rendimiento deportivo, que variaba de acuerdo con la modalidad deportiva, las características y las posiciones de juego.

## Consideraciones estadísticas finales

En este capítulo, se han propuesto distintos enfoques y se han dado diversos ejemplos para el análisis estadístico de los datos del flexitest. Se ha tratado en detalle el flexindex, los movimientos individuales y los perfiles de homogeneidad, y se han proporcionado normas de referencia de edad y sexo para la comparación. A continuación se presenta un ejemplo para ilustrar la aplicación de algunas de las técnicas expuestas. Se presentan ejemplos adicionales con los estudios de casos en el capítulo 9.

La tabla 6.6 presenta los datos del flexitest para una mujer de 36 años de edad, moderadamente activa. Con estos datos, la curva o tabla de percentil apropiada, y el flexograma para

mujeres de 36 a 55 años de edad, puede observarse que la flexibilidad general de la mujer es de algún modo baja, entre el percentil 25 y el 40 (mucho más próximo a 25 que a 40), y que debe mejorarse en conjunto. El análisis de cada movimiento permite la identificación de limitaciones específicas que hay que abordar inicialmente.

La dorsiflexión de la mujer es extremadamente limitada, y su extensión de cadera, tronco y muñeca es algo menor de lo habitual en mujeres de este grupo de edad. Por otro lado, hay una movilidad superior a la media para la aducción posterior del hombro y para la flexión de la cadera, hecho que facilita algunos movimientos deportivos específicos. La causa más frecuente de la restricción comparablemente más alta de uno de los movimientos de tobillo en las mujeres es el uso habitual de zapatos de tacón, lo cual puede conllevar un acortamiento crónico de los músculos del tobillo y una movilidad limitada. El acortamiento relativo de la movilidad de extensión en otros movimientos se debe probablemente a la falta de entrenamiento específico y al poco uso que se hace de los grupos musculares relacionados. La reducción de la extensión de la muñeca es habitual en los tenistas que deben agarrar firmemente sus raquetas para ejecutar lanzamientos de revés y de derecha. Finalmente, el incremento de la movilidad de esos otros movimientos limitados

**Tabla 6.6 Datos del flexitest para una mujer moderadamente activa de 36 años de edad**

Movimiento	Puntuación	Movimiento	Puntuación
I	0	XI	2
II	2	XII	2
III	2	XIII	1
IV	3	XIV	2
V	3	XV	2
VI	2	XVI	3
VII	3	XVII	3
VIII	3	XVIII	3
IX	2	XIX	3
X	1	XX	2
Flexindex		44	

permite mejorar el servicio y alcanzar las pelotas cortas cerca de la red. Este perfil de datos de flexibilidad es compatible con una larga historia de práctica del tenis y el uso habitual de tacones altos por una mujer de 36 años de edad.

En la figura 6.27 presentamos una secuencia lógica y sencilla de los pasos recomendados para hacer el análisis de los datos del flexitest, con el objetivo de guiar al lector en la utilización del material presentado en este capítulo.

#### **Para interpretar los resultados del flexitest:**

1. Empiece interpretando los resultados con el flexindex. Analice su valor absoluto para ver si apunta a una hipo, hiper o una movilidad normal. Después, compare el valor con las normas de referencia de edad y sexo para determinar el percentil del flexindex correspondiente.
2. Consulte los índices de variabilidad para identificar valores que se desvían de los intervalos normales.
3. A continuación, haga un análisis comparativo para las articulaciones y, finalmente, para cada movimiento, basado en los resultados absolutos y en la proporción de esa puntuación para grupo de edad y sexo.
4. Idealmente, uno debe ofrecer al sujeto una retroalimentación (feedback) objetiva cuando se han completado las mediciones, y esto se hace mejor si se refiere a la puntuación del flexindex. No tema presentar el resultado como un percentil para la edad y el sexo; incluso los niños, para asombro de algunos, entienden el significado de ser clasificados en relación con 100 colegas de la misma edad y el mismo sexo.
5. Intente indicar en su informe qué movimientos debe trabajar el sujeto para mejorar sus ROM máximas. No se centre únicamente en la mejora para alcanzar los valores de referencia para la edad y el sexo, sino también en la mejora de los movimientos que se adapten a los propósitos específicos del sujeto.
6. Tenga presente que la hipermovilidad no es habitualmente una meta, y que puede incluso ser perjudicial para la práctica de algunos deportes (por ejemplo, la hiperflexión plantar del tobillo en los corredores adultos) o de algunas actividades cotidianas.

**Figura 6.27** Interpretación de los resultados del flexitest.

# Parte III

## **Investigaciones y aplicaciones del flexitest**

**Capítulo 7** *Investigaciones  
del flexitest*

**Capítulo 8** *Análisis comparativo de  
los métodos de evaluación*

**Capítulo 9** *Estudios con  
el flexitest*



# Capítulo 7

## Investigaciones del flexitest

Desde su desarrollo, el flexitest ha sido utilizado en muchas situaciones de investigación por el autor y otros investigadores. Como hemos detallado en el capítulo anterior (páginas 113–140), se ha recogido una gran cantidad de datos durante los últimos años, y parte de este material permanece sin publicar. La tabla 7.1 enumera la mayoría de los materiales científicos del flexitest presentados y publicados en distintos formatos e idiomas. Esta tabla también incluye las direcciones web donde se pueden encontrar y descargar los documentos completos o los resúmenes. El idioma en que cada resumen y documento fue publicado también está anotado en la tabla. Este capítulo presenta alguna de las investigaciones que han hecho uso del flexitest, centrándose primero en los estudios en los que nuestro grupo de investigación ha participado directamente en la recogida de datos y en la interpretación de los resultados. Para facilitar las referencias durante la lectura, el número de estudio correspondiente a la tabla 7.1 está citado en el texto (p. ej., [4]). Los estudios no se describen en orden cronológico, sino en grupos, de acuerdo con la naturaleza o las características del estudio. Los estudios se clasifican en cinco categorías distintas:

1. Estudios de fiabilidad
2. Estudios de validez concurrente
3. Estudios estrictamente metodológicos
4. Estudios de observación
5. Estudios de intervención

Para cada estudio, aportamos el razonamiento de la investigación y sus objetivos. A continuación, presentamos una breve descripción de la muestra, la estrategia metodológica y los principales resultados del estudio. Por último, se hace una interpretación concisa de la investigación y la interpretación de la flexibilidad. Creemos que leer el resumen de los hallazgos ayudará al lector a alcanzar una mejor comprensión de las bases científicas

y de la evolución del flexitest a lo largo de los últimos 20 años, las posibles aplicaciones del test, las relaciones interesantes entre la flexibilidad y otras variables, y la respuesta corporal a intervenciones como la actividad física regular y el calentamiento.

### Estudios de fiabilidad

En el campo de la medición y la evaluación, las cuestiones de fiabilidad son de gran importancia. La fiabilidad es un concepto que implica múltiples aspectos que deben ser considerados cuando se utiliza el flexitest para la valoración de la flexibilidad. Idealmente, las mediciones consecutivas obtenidas en la ausencia de intervención deberían aportar valores idénticos. Sin embargo, las potenciales fuentes de error están siempre presentes y deben ser identificadas y cuantificadas con precisión.

### Fiabilidad interobservador

Datos originales (14) y parcialmente reanalizados para este resumen.

#### • Razonamiento:

La fiabilidad está relacionada con la estabilidad de los resultados de un test (es decir, el grado de consistencia encontrada en los resultados). Se expresa habitualmente como un coeficiente de correlación entre dos o más series de resultados independientes procedentes de un grupo particular de sujetos, y cuanto mayor es el coeficiente, mayor es la fiabilidad de un test. Idealmente, las puntuaciones valoradas independientemente deberían ser idénticas, pero esto, de hecho, no ocurre en la práctica. Siempre habrá discrepancias, y está en manos de los investigadores identificar su origen. Dependiendo del diseño del estudio, se puede valorar la fiabilidad de dos o más puntuaciones de evaluadores o de dos o más mediciones tomadas por el mismo evaluador.

**Tabla 7.1 Flexitest: Lista de material científico**

	<b>Autor (es)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Detalles</b>
1	Araújo CGS, Pável RC, Pina-Almeida A	Presentado en el Congreso Regional Brasileño de Ciencias del Deporte	Procedimientos de congreso	1980
2	Pável RC, Araújo CGS	Presentado en el Congreso Regional Brasileño de Ciencias del Deporte	Procedimientos de congreso	1980
3	Araújo CGS, Perez AJ, Pável RC	Presentado en el Congreso Mundial AIESEP	Revista Artus	1981
4	Pável RC, Araújo CGS	Presentado en el Congreso Mundial AIESEP	Revista Artus	1981
5	Araújo CGS, Perez AJ, Haddad PCS	Presentado en el 2º Congreso Brasileño de Ciencias del Deporte	Revista Brasileña Ciên Esporte	1981
6	Haddad PCS, Perez AJ, Araújo CGS	Presentado en el 2º Congreso Brasileño de Ciencias del Deporte	Revista Brasileña Ciên Esporte	1981
7	Araújo CGS, Perez AJ, Haddad PCS, Pável RC	Presentado en el Congreso Regional Brasileño de Ciencias del Deporte	Procedimientos de congreso	1982
8	Perez AJ, Araújo CGS	Presentado en el Congreso Regional Brasileño de Ciencias del Deporte	Procedimientos de congreso	1982
9	Araújo CGS	Documento completo	Medicina do Esporte	1983;7(3-4):7-24.
10	Perez AJ, Araújo CGS	Presentado en el 36º Congreso de la Sociedad Brasileña para el Avance de las Ciencias	Ciência e Cultura	1984
11	Araújo CGS, Haddad PCS	Documento completo	Comunidade Esportiva	1985; 35:12- 17
12	Araújo CGS, Pérez Aj	Documento completo	Boletim da Federação Internacional de Educação Física	1985; 55(2):20-31

**Tabla 7.1** *Continuación*

<b>Título</b>	<b>Idioma</b>	<b>Internet</b>
Flexitest –análisis preliminar de su objetividad y fiabilidad	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Flexitest –nueva propuesta para la evaluación de la flexibilidad	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Correlación entre la flexibilidad segmentaria y general en alumnos de educación física	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Flexitest –método de evaluación de la amplitud máxima de 20 movimientos articulares	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Comparación entre la amplitud máxima de flexión y extensión en seis articulaciones	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Comparación de la flexibilidad de dos segmentos corporales en alumnos de educación física	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Resultados prácticos de un curso teórico-práctico de 18 horas de flexibilidad en la aplicación del flexitest	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Características cineantropométricas de los deficientes mentales	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
¿Existe correlación entre la flexibilidad y el somatotipo? Una nueva metodología para un problema antiguo	Texto en portugués	No disponible
Características de la flexibilidad en escolares y preescolares de los dos sexos	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Efectos del acondicionamiento activo sobre la flexibilidad pasiva	Texto en portugués	No disponible
Características de la flexibilidad en preescolares y escolares de los dos sexos	Texto en portugués	No disponible

**Tabla 7.1** *Continuación*

	<b>Autor (es)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Detalles</b>
13	Araújo CGS	Documento completo	Kinesis	1986; 2:251-267
14	Araújo CGS	Presentado en el 8º Congreso Brasileño de Medicina del Deporte	Procedimientos de congreso	1987
15	Araújo CGS	Disertación del Dr.	Universidad Federal de Río de Janeiro	1987; 440 p.
16	Araújo CGS, Nóbrega ACL	Presentado en el 9º Congreso Brasileño de Medicina del Deporte	Procedimientos de congreso	1989
17	Oliveira Jr AV, Araújo CGS	Presentado en el 45º Congreso Brasileño de Cardiología	Arq Brasileño Cardiología	1989
18	Araújo CGS	Presentado en el 10º Congreso Brasileño de Medicina del Deporte	Procedimientos de congreso	1991
19	Araújo CGS	Presentado en el 10º Congreso Brasileño de Medicina del Deporte	Procedimientos de congreso	1991
20	Farinatti PTV	Tesis de M.Sc	Universidad Federal de Río de Janeiro	1991; 132 p.
21	Farinatti PTV, Soares PPS, Vanfraechem JHP	Documento completo	Sport	1995; 4:36-45
22	Farinatti PTV, Araújo CGS, Vanfraechem JHP	Documento completo	Science et Motricité	1997; 31:16-20
23	Carvalho ACG, Paula KC, Azevedo TMC, Nóbrega ACL	Documento completo	Revista Brasileña Med Esporte	1998; 4(1):2-8
24	Farinatti PTV, Nóbrega ACL, Araújo CGS	Documento completo	Horizonte (Lisboa)	1998; 14(82):23-31
25	Araújo CGS	Presentado en la Reunión Anual ACSM en 1999	Ejercicio de Medicina de Ciencias del Deporte	1999; 31 (5-Supl):S115

**Tabla 7.1** *Continuación*

<b>Título</b>	<b>Idioma</b>	<b>Internet</b>
Flexitest: una nueva versión de los mapas de evaluación	Texto en portugués	No disponible
Flexitest –fidelidad intra e interobservadores	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Medición y evaluación de la flexibilidad: de la teoría a la práctica	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Características de la flexibilidad de deportistas brasileños de elite	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
La mejora de la flexibilidad en pacientes sometidos a programas de rehabilitación cardíaca	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Comportamiento circadiano de la flexibilidad: una evaluación para el flexitest	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Comparación de tres métodos de evaluación de la movilidad articular en individuos sanos	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>
Estudio de la aplicabilidad del trabajo de la flexibilidad en Educación Física: un abordaje multidisciplinar	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Influencia de dos modalidades de actividades físicas sobre la flexibilidad de mujeres de 61 a 83 años a partir de un programa de promoción de la salud	Texto en francés y resumen en inglés	No disponible
Influencia de la flexibilidad pasiva sobre la facilidad del aprendizaje de la natación en preadolescentes y adolescentes	Texto en inglés y resumen en francés	No disponible
Relación entre la flexibilidad y la fuerza muscular en adultos jóvenes de ambos sexos	Texto en portugués y resumen en inglés	No disponible
Perfil de flexibilidad en niños de 5 a 15 años de edad	Texto en portugués	No disponible
Perfil de flexibilidad corporal y agrupación de hombres y mujeres deportistas de elite	Resumen en inglés	No disponible

**Tabla 7.1** Continuación

	<b>Autor (es)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Detalles</b>
26	Araújo CGS	Capítulo de libro	O Exercício	Sao Paulo: Atheneu, 1999, p.25-34.
27	Araújo CGS	Documento completo	Revista Brasileña Ciên Mov	2000; 8(2):25-32
28	Coelho CW, Araújo CGS	Documento completo	Revista brasileña de Cineantropometria & Desempenho Humano	2000; 2(1):31-41
29	Silva LPS, Palma A, Araújo CGS	Documento completo	Revista Brasileña Ciên Mov	2000; 8(3):15-20
30	Araújo CGS	Documento completo	Sports & Medicine Today	2001; 1(2):34-37
31	Chaves CPG	Tesis M.Sc	Universidad Gama Filho	2002; 140p.
32	Araújo CGS	Documento completo	Revista Brasileña Med Esporte	2002; 8(1):13-9
33	Araújo DSMS, Araújo CGS	Documento completo	Revista Brasileña Med Esporte	2002; 8(2):37-49
34	Chaves CPG, Simão Jr RF, Araújo CGS	Documento completo	Revista Brasileña Med Esporte	2002; 8(6):212-218
35	Araújo CGS, Oliveira AJ, Almeida MB	Presentado en el Simposium de Ciencias del Deporte, 2002- Sao Paulo, Brasil	Revista Brasileña Ciên Mov	2002; 10 (Supl)

- **Objetivo:**

El objetivo de este estudio fue establecer una medida preliminar para la fiabilidad interobservador cuando se mide la flexibilidad con el flexitest.

- **Muestra:**

Veintinueve estudiantes de educación física (19 hombres y 10 mujeres) se presentaron voluntarios para participar en el estudio. Todos estaban previamente familiarizados con el flexitest. Eran sujetos

moderadamente activos, aunque no participaban en ningún deporte de competición. Ninguno de ellos tenía impedimentos locomotores que hicieran difícil o imposible la medición de las ROM máximas de los distintos movimientos.

- **Métodos:**

Se realizó el flexitest a todos los sujetos en el mismo día durante una sesión. Cada sujeto era evaluado por un evaluador y después, inmediatamente por

**Tabla 7.1** *Continuación*

Título	Idioma	Internet
Evaluación y entrenamiento de la flexibilidad	Texto en portugués	No disponible
Correlación entre los diferentes métodos lineales y adimensionales de evaluación de la movilidad articular	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Relación entre el aumento de la flexibilidad y la facilidad para ejecutar las actividades diarias en adultos participantes de un programa de ejercicio supervisado	Texto en portugués y resumen en inglés	No disponible
Validación de la percepción subjetiva en la evaluación de la flexibilidad en adultos	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Flexitest: un método oficial para la evaluación de la flexibilidad	Texto en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Variabilidad de la flexibilidad en mujeres adultas: ejemplos de abordajes transversal y longitudinal	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Flexitest: propuesta de cinco índices de variabilidad de la movilidad articular	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Autopercepción de las variables de la aptitud física	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
Ausencia de variación de la flexibilidad durante el ciclo menstrual en universitarias	Texto en portugués y resumen en inglés	<a href="http://www.clinimex.com.br/texts">www.clinimex.com.br/texts</a>
¿Es apropiado utilizar versiones reducidas del flexitest?	Resumen en portugués	<a href="http://www.clinimex.com.br/abstracts">www.clinimex.com.br/abstracts</a>

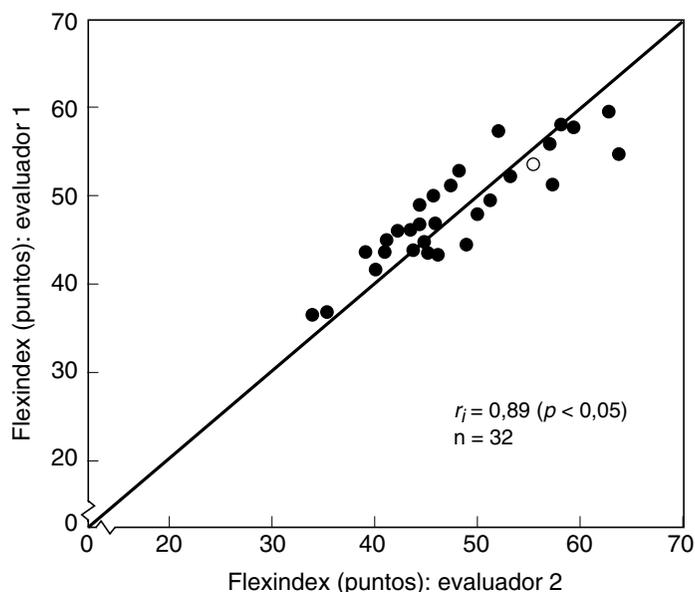
otro, y los evaluadores se iban alternando para ser los primeros en realizar el test. Los evaluadores anotaban sus puntuaciones sin decir nada a los sujetos. El estudio fue diseñado de modo que los evaluadores hicieran sus propias mediciones y puntuaran sin conocer los resultados de los demás.

• **Resultados:**

La distribución de los resultados y la tendencia central del flexitest fueron similares para ambos evalua-

dores ( $p < 0,05$ ). Hubo una alta asociación de los valores individuales, con un coeficiente de correlación intraclase de 0,89 ( $p < 0,01$ ) (figura 7.1).

En la evaluación de los resultados de los movimientos individuales, los evaluadores estuvieron en desacuerdo en 205 puntuaciones (35%) de las 580 mediciones (29 sujetos x 20 movimientos); la diferencia fue superior a un punto en sólo el 10%. Sin embargo, cada evaluador dio una puntuación menor que el otro aproximadamente el mismo número de



**Figura 7.1** La fiabilidad del flexindex entre dos evaluadores expertos. El círculo vacío representa dos puntos de coincidencia.

veces (103 frente a 102;  $p > 0,05$ ), de modo que ningún evaluador subestimó sistemáticamente la flexibilidad en ninguno de los movimientos.

El promedio de concordancia fue de 65%. Este número fue incluso mayor para las articulaciones distales. El mayor número de desacuerdos sucedió para la rotación medial del hombro en el movimiento XX.

#### • Conclusión:

Existen algunas contradicciones entre el excelente coeficiente de correlación intraclase obtenido con el flexindex y la similitud de distribuciones, por un lado, y la relativamente baja proporción de acuerdos en las puntuaciones de movimientos individuales encontradas en el estudio, por otro.

Una cuidadosa revisión de los resultados reveló una clara tendencia del mismo movimiento a ser puntuado más alto en la segunda medición que en la primera. Por tanto, parecía que la segunda medición estaba “contaminada” por la primera debido al efecto del “calentamiento” en el sujeto; este efecto también se ve en otros tests de medición de la flexibilidad (Atha y Wheatley 1976; Ellis y Stowe 1982). Esta hipótesis se basa también en el hecho de que se vieron grandes restricciones en movimientos donde la masa muscular puede limitar la ROM, como los de cadera, tronco y hombro.

Otro factor que puede haber mejorado la movilidad en la segunda medición es la alta tolerancia al estiramiento de los estudiantes (Magnusson et al. 1996). La diferencia más importante se observó en el movimiento XX, para el que dos evaluadores hicieron una interpretación distinta del método propuesto. Este estudio piloto señala algunos de los problemas que existieron en determinar la fiabilidad del flexitest.

## Fiabilidad intrafotográfica

Datos originalmente de [1, 13-15] y parcialmente reanalizados para este resumen.

#### • Razonamiento:

Como se ha mostrado en el estudio piloto, una de las limitaciones potenciales en la determinación de la fiabilidad intra e interobservador de un test o un procedimiento es la variabilidad biológica de los sujetos evaluados. Esta variable puede controlarse reemplazando a los sujetos con fotografías de sujetos en las posiciones que había que evaluar.

#### • Objetivo:

El objetivo de este estudio fue determinar y exponer la fiabilidad intra e interobservador en la valoración con el flexitest cuando la variabilidad inherente a los movimientos de los sujetos se controla mediante el uso de fotografías.

#### • Muestra:

Se tomaron dos series de fotografías de los sujetos mientras realizaban el flexitest. La primera serie consistió de 788 fotografías, de 35 a 40 para cada uno de los 20 movimientos del flexitest realizados por bailarinas muy jóvenes. La segunda serie contenía 260 fotografías de 13 flexitest completos realizados por estudiantes de educación física y por sujetos que iban regularmente a un centro de salud y fitness. El nivel de flexibilidad mostró una alta variabilidad intencional.

#### • Métodos:

La primera serie de fotografías englobó casi todas las posibles puntuaciones, pero favoreció ligera-

mente los resultados extremos. El propósito de la segunda serie fue reflejar los datos alcanzados en situaciones más convencionales. Para la primera serie de fotografías, se obtuvieron todas las puntuaciones posibles para cada movimiento, sin hacer referencia a la secuencia lógica. Después, todas las fotografías de un determinado movimiento se imprimieron en blanco y negro en una única hoja de papel fotográfico que media 20 x 28 cm; las fotografías, que median aproximadamente 25 x 35 mm fueron numeradas secuencialmente para la valoración. Se realizó el mismo proceso con la segunda serie de fotografías, que presentó secuencialmente todos los movimientos del flexitest de un sujeto de modo que fue posible evaluar el flexitest completo del primer sujeto antes de evaluar el segundo. De nuevo, las puntuaciones de los movimientos individuales fueron anotadas antes de que los resultados fueran considerados como definitivos.

Para establecer la fiabilidad intraobservador se realizó dos veces la puntuación de cada movimiento fotografiado del flexitest de las dos series una semana después. Después de analizar la hoja de resultados y calcular los índices apropiados, las fotografías que recibieron distintas puntuaciones en las dos valoraciones fueron reanalizadas para establecer una puntuación final. Esta puntuación final se utilizó entonces en el análisis de fiabilidad interobservador. La fiabilidad entre observadores se determinó mediante la comparación de mediciones de dos evaluadores, uno bastante experimentado en el uso de la técnica y el otro no, con el fin de comprobar la influencia de la experiencia en la fiabilidad intraobservador. Antes de la valoración actual, los evaluadores revisaron el método del flexitest y puntuaron un número pequeño de fotografías extra que no pertenecían a ninguna de las dos series. Todas las fotografías las tomaron fotógrafos profesionales utilizando una cámara Nikon Nikkormat FTn con lentes de 50 mm, de una apertura de 1,4, y utilizando una película de 400 ASA en blanco y negro para prevenir distorsiones de ángulo y permitir utilizar la luz natural.

#### • Resultados:

El estudio de la fiabilidad intraobservador para la primera serie de fotografías mostró unos coeficientes de correlación intraclase entre 0,78 y 0,99

con una mediana de 0,93, todos significativamente distintos de 0. Para la segunda serie de fotografías hubo casi una total concordancia entre las dos mediciones realizadas por el mismo evaluador, con una medición de correlación intraclase de 0,99. La media de error para las dos mediciones del flexitest fue sólo un punto, esto es, 1 de 20 mediciones.

En términos de fiabilidad interobservador, los evaluadores experimentados y no experimentados dieron puntuaciones algo distintas. El análisis de fiabilidad interobservador reveló unos niveles ligeramente más bajos de acuerdo con el análisis intraobservador; pero aún así fue siempre significativo, con promedios de coeficiente de correlación intraclase de 0,88 y 0,83 para evaluadores experimentados y no experimentados, respectivamente, en la primera serie de fotografías. Sólo en dos movimientos –dorsiflexión del tobillo y flexión de tronco– hubo coeficientes de correlación intraclase no significativos para el evaluador experimentado. El promedio de error del flexindex para los dos evaluadores fue similar, aproximadamente dos puntos. Para las series de fotografías de sujetos que realizaron el flexitest completo, los coeficientes de correlación intraclase fueron bastante altos y similares para los dos evaluadores en aproximadamente un 0,95, y no hubo diferencias en los promedios del flexindex. Se observó que cada evaluador cometió un error de en torno al 10% de la puntuación en sólo un sujeto (7% de los casos). Es interesante que el mayor número de errores se produjera en la valoración del movimiento XI –flexión lateral del tronco–, que contó con algo más del 10% de las mediciones erróneas. En sólo el 25% de las fotografías hubo un error de 2 puntos en la puntuación sobre la escala sin dimensión; tres cuartos de esas interpretaciones erróneas fueron realizadas por el evaluador experimentado.

#### • Conclusión:

La valoración con el flexitest de la ROM articular presentó unos niveles extremadamente altos de fiabilidad intra e interobservador no solamente para la primera serie de movimientos individuales, sino también específicamente para el flexitest en su totalidad. Estos datos sugieren que el margen de error tiende a ser ligeramente superior para valores extremos y evaluadores menos experimen-

tados. Es cierto que, aunque el análisis fotográfico es un modo creativo y original de controlar la influencia de la variabilidad biológica de los sujetos valorados, no incorpora una potencial fuente de error, que es la ejecución real de los movimientos. Por otro lado, el nivel de diversificación de los valores propuesto en la primera serie de fotografías introdujo un grado de dificultad bastante inferior al uso diario del flexitest. Incluso puede asumirse que la fiabilidad *in vivo* es algo inferior a la puntuación obtenida con el uso de las fotografías, puesto que la mayoría de las mediciones *in vivo* tienden a puntuar 2. Concluimos que utilizar previamente fotografías estandarizadas es una poderosa herramienta para entrenar a futuros usuarios del flexitest.

Los evaluadores entrenados muestran una alta fiabilidad intra e interobservador para las mediciones con flexitest.

## Primer intento

Datos originalmente de [7] y parcialmente reanalizados para este resumen.

### • Razonamiento:

Una herramienta de medición debe comportar unos altos índices de fiabilidad y validez, e idealmente, tendría que ser fácil de aprender para los nuevos evaluadores.

### • Objetivo:

El objetivo de este estudio era determinar el margen de error en el primer intento de los nuevos evaluadores.

### • Muestra:

Nuestros sujetos eran 23 profesores y estudiantes de educación física (7 hombres y 16 mujeres) que asistieron a un curso corto de teoría y práctica sobre flexibilidad.

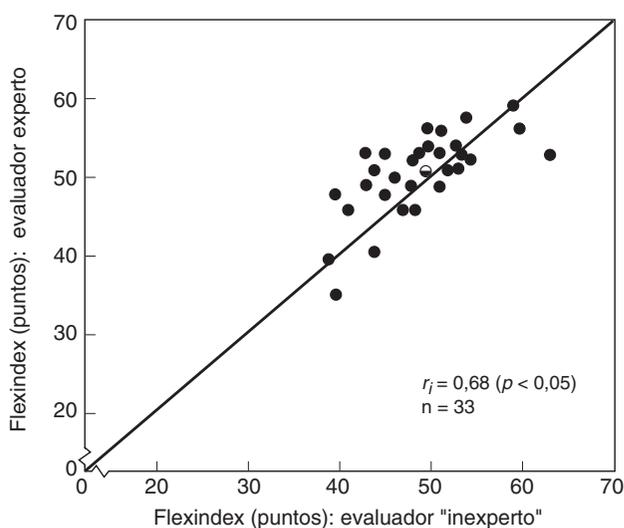
### • Métodos:

Como parte de un curso de flexibilidad, se presentó la teoría y los métodos del flexitest a la clase. Un evaluador experto demostró el método y después supervisó a

los estudiantes emparejados mientras practicaban la realización con los mapas (un estudiante era el sujeto evaluado y el otro era el evaluador). A continuación, una muestra voluntaria de los estudiantes (alrededor del 7% del total de la clase) fue de nuevo objeto del flexitest por los instructores, quienes tenían un conocimiento de los resultados encontrados por su pareja en el test previo. Las mediciones valoradas por la pareja durante el entrenamiento fueron posteriormente comparadas con las de los evaluadores expertos.

### • Resultados:

Los sujetos mostraron los perfiles de flexibilidad esperados para su edad y sexo, y los evaluadores expertos determinaron el intervalo de las puntuaciones del flexindex entre 33 y 57 puntos, con una mediana de 50. No hubo diferencias entre los resultados del flexindex medido por evaluadores expertos y por los estudiantes en su primer intento. Sin embargo, hubo diversos errores individuales que determinaron un coeficiente de correlación intraclase bastante modesto de 0,68 (véase figura 7.2). Las diferencias en las puntuaciones del flexindex obtenidas por evaluadores expertos e inexpertos, que oscilaron entre -9 y +11 puntos, ocurrieron en aproximadamente el 40%



**Figura 7.2** La fiabilidad del Flexindex entre un evaluador experto y uno "inexperto". El círculo medio vacío representa tres puntos de coincidencia.

de los casos. No hubo una tendencia clara hacia una sobre o infravaloración globalmente o para cada movimiento, excepto en el movimiento XVI, en el que los estudiantes tendieron a sobreestimar la movilidad. De 460 mediciones tomadas, sólo en 3 de ellas –todas del movimiento XIX (rotación lateral del hombro)– se cometió un error que excedía 1 punto en la escala de puntuación del flexitest. Un análisis más detallado de los errores mostró que tendían a ocurrir más a menudo en algunos movimientos (VIII, IX, XIX y XX) que en otros (I, II, IV y XIII); sin embargo, no hubo un predominio significativo de errores en una parte específica del cuerpo.

• **Conclusión:**

Al finalizar un curso breve sobre la teoría y los métodos de la flexibilidad que contó con algunas horas de entrenamiento con el flexitest, los estudiantes fueron capaces de realizar una evaluación razonablemente bien y de asignar puntuaciones globales no significativamente distintas del promedio de las que realizaron los evaluadores experimentados. Sin embargo, cuando se analiza individualmente, el error puede ser importante y eventualmente sobrepasar la práctica obtenida después de meses de entrenamiento de flexibilidad. Algunos movimientos, especialmente la rotación del hombro, son más difíciles de aprender y dominar que otros en la técnica de valoración. En general, sin embargo, errores por encima de 1 punto en la valoración de un movimiento determinado fueron bastante raros y se limitaron al movimiento XIX. Hemos concluido que el margen de error en el primer intento de un evaluador es relativamente alto y que, por tanto, es necesario el entrenamiento durante más de un curso para asegurar la fiabilidad del uso del flexitest en situaciones prácticas y clínicas.

Después de un breve período de entrenamiento, los nuevos evaluadores pueden valorar adecuadamente los resultados del flexitest, cometiendo muy rara vez errores de 2 puntos en la evaluación de los movimientos individuales.

## Estudios de validez concurrente

Datos originalmente de [19, 27] y parcialmente reanalizados para este resumen.

• **Razonamiento:**

Las características científicas de una buena herramienta de medición son la fiabilidad y la validez. La validez es la capacidad para medir exactamente lo que uno intenta medir. Por tanto, un resultado de evaluación válido refleja la variable que es evaluada. Una estrategia frecuente para valorar la validez de los nuevos procedimientos de evaluación es comparar los resultados del nuevo procedimiento con los de otros métodos utilizados habitualmente. Esto permite estudiar el nuevo procedimiento como una variable en un grupo de sujetos. Esta estrategia se denomina validez concurrente.

• **Objetivo:**

El objetivo de este estudio fue comparar los resultados de distintos tests de movilidad articular en la valoración de un grupo de sujetos elegidos con el propósito de reflejar los diferentes grados de flexibilidad.

• **Muestra:**

Treinta sujetos (16 hombres y chicos y 14 mujeres y chicas) sin ningún problema locomotor fueron seleccionados para tomar parte en este estudio voluntario. Las edades de los sujetos estaban comprendidas entre los 2 a los 54 años, con seis niños por debajo de los 7 años y cuatro personas por encima de los 50. Algunos eran regularmente activos; otros tenían una vida sedentaria.

• **Métodos:**

En este estudio se utilizaron cinco procedimientos de evaluación de la flexibilidad, cuatro de ellos de naturaleza adimensional y uno que utilizaba una escala de medición lineal. El método lineal fue el test *sit-and-reach* descrito por Wells y Dillon (1952), y fue realizado de acuerdo con el método original, exceptuando aquél en el que los sujetos eran evaluados descalzos. Los tests adimensionales fueron el signo de Rosenbloom (Rosenbloom et al. 1981), el test de tocarse los dedos de los pies, el test de Beighton-Hóran (Beighton y Hóran

1970) y el flexitest. Todos ellos se realizaron de acuerdo con sus métodos originales. Todos los procedimientos fueron administrados con un único evaluador en la misma secuencia estandarizada, sin calentamiento ni actividad física previos, y sin que los sujetos supieran el objetivo del estudio. El tiempo medio de evaluación fue 10 minutos por sujeto.

#### • Resultados:

Los resultados del signo de Rosenbloom (la imposibilidad de superponer las caras y los dedos de las manos) fueron negativos en todos los individuos y por tanto se los excluyó del análisis estadístico subsiguiente. En el test de tocarse los dedos de los pies (*toe-touch*), únicamente siete de los sujetos (23%) fueron capaces de tocarse la punta de los pies con la punta de los dedos de las manos sin doblar las rodillas. En el test de Beighton-Hóran, se alcanzaron los valores extremos de la escala (0 y 9 puntos), con un promedio de 3 y una clara distribución asimétrica de los resultados, lo que reveló una tendencia a concentrarse en el extremo inferior de la escala. Esto no ocurrió en el test *sit-and-reach*, para el que los resultados fueron de -15 a +25 cm, con un promedio de 7 cm y una justa y normal distribución de los resultados. Para el flexitest, los resultados no alcanzaron los extremos de la escala y fueron de 35 a 68 puntos con una mediana de 49 puntos, exponiendo una distribución gaussiana. Hubo una pequeña asociación de los resultados del test de Beighton-Hóran con los de los tests *sit-and-reach* y *toe-touch*, con coeficientes de correlación de 0,26 y 0,40, respectivamente. Estos últimos dos tests estuvieron claramente relacionados con los demás ( $r = 0,91$ ). El flexitest, representado por el valor del flexindex, se relacionó significativamente en distintos grados con todos los tests, teniendo la mejor concordancia con el de Beighton-Hóran ( $r = 0,81$ ).

#### • Conclusión:

A pesar de que hubo una significativa correlación entre los resultados del flexitest (presentados por el flexindex) y los otros tests, lo cual sugería la existencia de una validez concurrente, los grados de asociación fueron relativamente modestos. Esto indicó que no se puede predecir con exactitud los resultados de ningún otro test mediante el uso de los resultados del flexitest, o viceversa. La

mejor asociación fue con el test de Beighton-Hóran, que valora principalmente la hiperlaxitud ligamentosa. Sin embargo, a diferencia del flexitest, los valores de suelo y techo en el test de Beighton-Hóran son frecuentes, aunque se minimize su poder discriminatorio. De hecho, el 20% de los sujetos de nuestra muestra puntuaron 0, y un niño alcanzó la puntuación máxima, reduciendo el grado de asociación con el flexitest. Considerando la naturaleza de la especificidad del movimiento para ambas articulaciones y movimientos, no es deseable que las correlaciones entre el flexitest (que implica 20 mediciones) y los otros dos tests (que miden un sólo movimiento) fueran sólo ligeras. Este estudio, por tanto, corrobora la validez del flexitest mientras, además, destaca su peculiar característica de falta de efectos de suelo y techo y su grado potencialmente alto de generalización en la valoración de la flexibilidad general de un sujeto.

La puntuación del flexitest está más correlacionada con puntuaciones del test de Beighton-Hóran (dadas para nueve movimientos) que con los resultados del *sit-and-reach* (un movimiento).

## Estudios estrictamente metodológicos

El desarrollo de un nuevo protocolo de evaluación requiere un tiempo y un esfuerzo considerables para asegurar una cuidadosa estandarización de los procedimientos. Mientras desarrollábamos el flexitest, realizábamos diversos estudios especialmente relacionados con sus aspectos metodológicos. Algunos de ellos se exponen brevemente en esta sección.

### Dimorfismo lateral

Datos originalmente de [6] y parcialmente reanalizados para este resumen.

#### • Razonamiento:

Para la mayoría de los seres humanos, una parte del cuerpo tiene una mayor predominancia que la otra, una tendencia que se denomina lateralidad.

La mayoría de los individuos son diestros, aunque una pequeña proporción –aproximadamente el 10%– tiene un predominio motor del lado izquierdo. En los deportes, la lateralidad tiene un papel importante, sea en la pierna de impulsión sea en el brazo de lanzamiento, y a menudo está asociada a una clara asimetría morfológica. Sin embargo, hay muy poca información sobre la existencia de este dimorfismo lateral para la flexibilidad.

#### • **Objetivo:**

El objetivo de este estudio fue identificar la preferencia de un dimorfismo lateral en la flexibilidad general y específica en jóvenes y adultos físicamente activos de ambos sexos.

#### • **Muestra:**

Noventa y dos estudiantes de educación física (46 de cada sexo), todos aparentemente sanos y sin restricciones locomotoras importantes, se presentaron voluntarios para este estudio. Eran físicamente activos, con edades comprendidas entre los 18 y los 22 años.

#### • **Métodos:**

Un único evaluador experto hizo las mediciones. Cada sujeto realizó 16 movimientos bilateralmente (se omitieron los movimientos IX, X, XVII y XVIII).

#### • **Resultados:**

Los valores del flexindex estuvieron en línea con las expectativas para los grupos de edad y sexo de los estudiantes, con puntuaciones medianas de 42 (intervalo 29 a 58) y 49 (intervalo 37 a 61) puntos para hombres y mujeres, respectivamente. Los valores bilaterales del flexindex fueron virtualmente idénticos y resultaron en un coeficiente de correlación intraclase muy alto  $-r > 0,98-$  para ambos sexos. Un poco más de la mitad de los sujetos, hombres y mujeres indistintamente, tuvieron una diferencia de flexibilidad de al menos 1 punto entre ambos lados del cuerpo en un movimiento específico. En ningún caso hubo una diferencia de más de 1 punto para el mismo movimiento realizado en los dos lados del cuerpo. De las 68 diferencias encontradas (que representan el 5% de todas las mediciones bilaterales), el 42% fue en la rotación lateral del hombro, en la que se observó la

puntuación más alta con más frecuencia en el lado derecho. De hecho, casi dos tercios de las asimetrías se vieron en los movimientos articulares de hombro. Aproximadamente el 10% de los estudiantes presentó algún grado de asimetría en la longitud máxima de los movimientos del codo. Por otro lado, las diferencias bilaterales en los movimientos del tobillo, rodilla y muñeca fueron inusuales, ocurriendo en menos del 3% de los sujetos. Las diferencias bilaterales fueron igualmente frecuentes en todas las puntuaciones de las ROM, es decir, con ROM bajas o altas.

#### • **Conclusión:**

Los adultos jóvenes y físicamente activos, fueran hombres o mujeres, no mostraron niveles altos de dimorfismo lateral en su flexibilidad. Las diferencias estuvieron restringidas únicamente a algunos movimientos, particularmente a la rotación lateral del hombro. Debido a que este movimiento es importante en algunos deportes básicamente unilaterales, como el tenis, el voleibol y el baloncesto, la flexibilidad en la articulación puede estar específicamente afectada por el entrenamiento y por la actividad motriz repetida al realizar el movimiento de extensión. Por tanto, en general, no existe razón alguna para medir la flexibilidad de ambos lados del cuerpo. Incluso cuando hay un entrenamiento deportivo previo, el lado derecho tiende a representar mejor la mayor ROM máxima pasiva. Por otro lado, cuando algo impide o dificulta la medición del lado derecho (p. ej., una fractura reciente inmovilizada en un cabestrillo), la medición de la extremidad contralateral debe reflejar fielmente el grado usual de movilidad sin riesgo de comprometer significativamente la puntuación del flexindex.

### **En relación con el dimorfismo lateral**

- En general la flexibilidad es similar en los dos lados del cuerpo tanto en los hombres como en las mujeres.
- En algunos sujetos con patologías particulares o en los deportistas con predominancia unilateral, se aconseja medir ambos lados.

## Variabilidad circadiana

Datos originalmente de [18] y parcialmente reanalizados para este resumen.

### • Razonamiento:

Uno de los ritmos biológicos más importantes es el circadiano, que funciona aproximadamente las 24 horas. Durante el ciclo circadiano, los niveles de actividad hormonal y autonómica son fluctuantes, cambios que se reflejan en los estados de sueño o vigilia y en otras condiciones fisiológicas como la temperatura corporal. Algunos bailarines de ballet han observado que en momentos específicos del día les es más fácil adoptar algunas posturas que requieren la ROM máxima. Por otro lado, algunas molestias reumáticas imponen a primera hora de la mañana restricciones de movimiento que progresivamente mejoran a lo largo del día. Hay muy poca información disponible sobre las fluctuaciones de la flexibilidad durante el día en los sujetos sanos.

### • Objetivo:

El objetivo de este estudio fue determinar los patrones circadianos en la flexibilidad de jóvenes sanos no deportistas.

### • Muestra:

Participaron voluntariamente en el estudio 30 reclutas del ejército brasileño. Estaban entre los 18 y los 20 años de edad y realizaban un entrenamiento militar, pero no destacaban en el deporte o la actividad física.

### • Método:

Un evaluador experto realizó cuatro tandas completas de mediciones del flexitest durante un período de 24 horas. La primera tanda de mediciones se realizó por la noche, y después se fueron repitiendo cada seis horas, con los sujetos en el mismo orden cada vez. La última tanda de mediciones empezó a las 6 de la mañana del día siguiente. Los reclutas fueron instalados en un edificio militar durante todo el tiempo del estudio, dejando la habitación sólo para comer y para ser sometidos a las mediciones de flexibilidad. Se restringió la actividad física el día anterior y durante el período de medición.

### • Resultados:

Los valores del flexitest para los 30 reclutas fueron bastante variables, yendo de 35 a 56 puntos y correspondiendo a percentiles de 3 a 99 para el grupo de edad, con una puntuación media de 43 puntos (percentil 45). En ninguna medición del flexitest (cuatro tandas x 30 sujetos x 20 movimientos) se obtuvo una puntuación de 0, mientras que se dio una puntuación de 4 en un pequeño 2% de las mediciones de movimientos individuales. Los resultados principales del flexitest mostraron una variación limitada (entre 42,4 y 44,9 puntos) y hubo una buena correlación entre ellos ( $0,68 < r < 0,91$ ;  $p < 0,01$ ), sin ninguna influencia marcada de acuerdo con el tiempo de medición ( $p = 0,26$ ). En otro enfoque que consideró la hora del día en que los sujetos tuvieron sus mejores y peores puntuaciones, se encontró que los valores más altos de flexibilidad eran más frecuentes a primera hora de la tarde y por la mañana ( $p < 0,01$ ). No hubo correlación entre el flexindex y la variabilidad circadiana observada. El análisis de los datos individuales mostró que los cambios del flexindex oscilaban entre 2 y 11 puntos sobre las cuatro mediciones, siendo la mediana 5 puntos, o en torno al 11% del valor absoluto del flexindex. La valoración del comportamiento circadiano de la flexibilidad para cada movimiento mostró que aproximadamente la mitad de las puntuaciones fueron constantes para los cuatro movimientos, y muy raramente hubo una variación de 2 puntos (3% de los casos). Las variaciones de las mediciones fueron más frecuentes para los movimientos de cadera y de hombro y raras para la dorsiflexión del tobillo, la extensión de la rodilla y el codo, y la extensión y flexión de la muñeca.

### • Conclusión:

Nuestros datos demostraron que el ciclo circadiano tiene poco impacto sobre la flexibilidad en los jóvenes sanos no deportistas, con unos resultados ligeramente más altos a primera hora de la tarde y por la mañana a pesar del alto grado de variabilidad entre sujetos en este sentido. La variabilidad circadiana de la flexibilidad fue básicamente baja (11%), y podría estar algo enmascarada por el margen de error de un evaluador experimentado (sobre el 5%). Esta variabilidad no dependía del nivel de flexibilidad del sujeto evaluado y parecía estar causada principalmente por

los cambios de la movilidad en el movimiento de hombro y cadera, las articulaciones más importantes que se ven restringidas por los músculos y el tejido conectivo. Es posible que en sujetos altamente flexibles, como los bailarines, el ciclo circadiano desempeñe un papel importante. De acuerdo con nuestros datos, es aconsejable establecer un horario fijo para hacer mediciones repetidas en un individuo con el fin de evitar la potencial, aunque pequeña, interferencia circadiana en los resultados.

### En relación con la variabilidad circadiana

- Los cambios de la flexibilidad general son mínimos.
- La flexibilidad del hombro y la de la cadera son las más influenciadas.
- No existe un patrón claro de mañana-tarde-noche.
- Para el seguimiento del análisis de los datos, estandarice el tiempo de medición.

## Estudios de observación

Después de haber valorado la fiabilidad y la validez concurrente, y analizado las cuestiones metodológicas más relevantes relacionadas con el flexitest, ahora revisaremos algunos de nuestros estudios de observación. La mayoría de estos estudios analizaron la relación entre la flexibilidad valorada por el flexitest y otras variables morfofuncionales.

### Relación altura-peso y somatotipo

Datos originalmente de [9] y de material de laboratorio no publicado.

#### • Razonamiento:

La valoración cineantropométrica implica aspectos como las mediciones de la altura y el peso, la relación altura-peso, la proporcionalidad, la composición corporal, la fuerza muscular y la flexibilidad. Cierta número de estos elementos forma parte del concepto de condición física. Las rela-

ciones entre estas diferentes variables dependen de las características de la población en investigación, su sexo, y su grupo de edad, y los datos recogidos en determinadas situaciones no pueden duplicarse en otra. Esto también es cierto cuando se valoran grupos específicos, como deportistas de disciplinas concretas. Un enfoque más apropiado del análisis cineantropométrico puede ser determinar los niveles de asociación entre las variables mediante datos de una muestra de población más heterogénea.

#### • Objetivo:

El objetivo de este estudio fue determinar la asociación de los componentes de las mediciones de altura y peso, de la relación altura-peso y del somatotipo con la flexibilidad general y la específica.

#### • Muestra:

Se sometió a 254 personas (116 hombres y chicos y 138 mujeres y chicas) con una edad media de 48 años (entre 13 y 82 años) en dos grupos de ambos sexos a una valoración clínico-funcional en una clínica especializada. Los sujetos fueron seleccionados retrospectivamente, y se excluyó a los que participaban en deportes de competición o cuyas mediciones fueran erróneas o incompletas.

#### • Métodos:

Las mediciones antropométricas se realizaron de acuerdo con los métodos bien establecidos. Para la relación altura-peso se calculó el índice de Quetelet, más conocido como el índice de masa corporal (IMC). Ésta es la relación entre el peso calculado en kilogramos y el cuadrado de la altura medida en metros ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). El somatotipo se determinó utilizando la técnica antropométrica de Heath-Carter descrita originalmente en los años 1960. La flexibilidad fue medida con el flexitest.

#### • Resultados:

Las mediciones para la altura y el peso y la relación altura-peso para hombres y mujeres fueron respectivamente (media  $\pm$  desviación estándar)  $175 \pm 6$  y  $161 \pm 6$  cm,  $79 \pm 14$  y  $67 \pm 15$  kg, y  $26 \pm 4$  y  $26 \pm 7$   $\text{kg}/\text{m}^2$ . Como se esperaba para el somatotipo, las mujeres tuvieron valores más altos para la endomorfia y la ectomorfia y puntuaciones más

pequeñas para la mesomorfia, con valores medios de 5,5-5,1-0,7, mientras que los valores correspondientes a los hombres fueron 4,5-5,5-1,3 ( $p < 0,05$ ). Nuestra muestra tuvo valores de flexibilidad medios en el percentil 40 para los hombres y 63 para las mujeres en edades equivalentes. Las mujeres fueron más flexibles en todos los movimientos y articulaciones y tuvieron mayor flexibilidad general:  $46 \pm 11$  en las mujeres frente a  $34 \pm 11$  puntos en el flexindex en los hombres. Hubo algún grado de asociación entre la altura y la flexibilidad general, con coeficientes de correlación de 0,15 para los hombres y 0,21 para las mujeres. Comparando los 20 sujetos más bajos y más altos para cada sexo, se observó que los sujetos más altos eran aproximadamente un 15% más flexibles ( $p = 0,13$  para los hombres y  $p = 0,02$  para las mujeres). El peso corporal y el IMC se relacionaron inversamente con la flexibilidad, en particular en las mujeres ( $r \geq -0,50$ ;  $p < 0,01$ ). Para otros componentes del somatotipo, existió una relación inversa inexpresiva entre la mesomorfia y la flexibilidad, pero la linealidad relativa, expresada por la ectomorfia, estuvo directamente relacionada con la flexibilidad, ligeramente más en las mujeres ( $r = 0,59$ ) que en los hombres ( $r = 0,39$ ). En los sujetos predominantemente ectomorfos, los percentiles medios del flexindex estaban distorsionados positivamente en comparación con los percentiles medios del grupo completo, ocupando el 25% de 12 mujeres ectomórficas percentiles del flexindex más altos de 90 para sus edades respectivas. La movilidad articular de las extremidades inferiores, particularmente de la cadera, tendió a ser inferior que el peso corporal, el IMC y los valores de endomorfia y mesomorfia.

Como para los movimientos, se observó que las puntuaciones de la aducción y la abducción de la cadera estaban inversamente relacionadas con el peso, el IMC y los valores de endomorfia. Fue especialmente evidente en las mujeres una relación inversa entre la movilidad en cinco movimientos –flexión de la rodilla, extensión y aducción de la cadera, y aducción posterior y extensión posterior del hombro– y los valores de endomorfia y mesomorfia, así como una asociación directa de éstos a la linealidad relativa, con unos valores del coeficiente de correlación absolutos que iban de 0,43 a 0,66 ( $p < 0,01$ ). Los hombres más bajos tenían una movilidad limitada en

los movimientos del tronco en comparación con los más altos ( $p < 0,05$ ).

#### • Conclusión:

Hubo algunas relaciones significativas entre las mediciones antropométricas, el somatotipo y la flexibilidad corporal. Los adultos más altos tendieron a ser más flexibles en algunos movimientos. El mayor peso debido a los músculos o la masa grasa, especialmente en las mujeres, afectó negativamente a la flexibilidad corporal, en particular a la ROM máxima de la cadera. La hipomovilidad relativa fue típica de los patrones de somatotipo de la endomorfia y la mesomorfia, mientras que la hipermovilidad fue más prevalente en los sujetos ectomórficos, especialmente mujeres. Sin embargo, debido a la considerable superposición de datos y a las asociaciones relativamente modestas, no fue posible inferir la flexibilidad de un determinado sujeto basado sólo en las mediciones antropométricas o en el somatotipo.

Los sujetos endomórficos y mesomórficos son típicamente menos flexibles, mientras que los ectomorfos tienden a ser más flexibles.

## Fuerza de prensión y capacidad para sentarse y levantarse del suelo

Datos procedentes de material de laboratorio no publicado.

#### • Razonamiento:

Mantener una adecuada calidad de vida depende, al menos en parte, del mantenimiento de unos niveles satisfactorios de condición física. Hoy en día existe una creciente preocupación acerca de la autonomía y la calidad de vida de los ancianos. Con el envejecimiento hay una tendencia hacia la disminución de los niveles aeróbicos y de flexibilidad y un aumento de la sarcopenia (una reducción progresiva de la masa muscular que disminuye los niveles de fuerza y potencia máximos). Cuando se asocia a la hipomovilidad, la sarcopenia tiende a restringir la autonomía de los sujetos de mediana y tercera edad.

**• Objetivo:**

El objetivo de este estudio fue relacionar la fuerza muscular, la potencia muscular y la capacidad para realizar determinadas acciones motrices –sentarse y levantarse del suelo– con la flexibilidad específica y la general.

**• Muestra:**

Estudiamos una muestra de 254 sujetos de mediana edad (116 hombres y 138 mujeres) equilibrados para la edad y el sexo. Los sujetos fueron seleccionados de entre la gente que practicaba deportes especializados y asistía a la clínica del ejercicio para una valoración clínico-funcional detallada. No hubo ningún requisito para la selección, pero los sujetos que participaban en un entrenamiento de deportes de competición fueron excluidos.

**• Métodos:**

La variable fuerza se valoró dos veces en cada lado midiendo la prensión bilateral con el brazo completamente extendido y escogiendo la más elevada de las cuatro mediciones como la más representativa del sujeto. La potencia muscular absoluta y relativa al peso corporal, en vatios, se valoró, mediante la evaluación con cargas progresivamente más pesadas en el ejercicio de medio remo, desde la posición de pie, y se midió con un tensiómetro (Fitrodyne, Bratislava, Slovakia). Para el análisis de una acción motriz, elegimos el test *sitting-and-rising* (Lira et al. 1999; Araújo 1999a), que se utiliza para estudiar la destreza en sentarse y levantarse del suelo. En este test, se da una puntuación de 0 a 5 para cada acción, siendo deducido 1 punto por el uso de cualquier tipo de soporte, como el poner una de las manos o rodillas sobre el suelo, y medio punto si el sujeto realiza cualquier desequilibrio corporal al hacer el movimiento.

**• Resultados:**

La distribución de los resultados del flexindex osciló entre 12 y 72 puntos, cubriendo el espectro completo de una distribución de población típica, es decir, hubo sujetos que representaron percentiles

desde 1 hasta 99 para sus respectivos sexo y grupo de edad. La fuerza de prensión fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ( $37,8 \pm 7$  frente a  $21,7 \pm 5$  kg;  $p < 0,01$ ), pero no hubo diferencias significativas de destreza en sentarse y levantarse del suelo. Una parte de la muestra (37%), 71 hombres y 23 mujeres realizó el test de la potencia máxima, con unos valores absolutos y relativos ligeramente superiores en los hombres ( $p < 0,05$ ). Hubo una modesta relación directa e idéntica entre la fuerza de prensión y las puntuaciones del flexindex en hombres y mujeres, con coeficientes de correlación de 0,33 ( $p < 0,01$ ). La ejecución del sentarse y levantarse (*sitting-and-rising*) está fuertemente influida por la flexibilidad general, con coeficientes de correlación que van de 0,58 a 0,73 ( $p < 0,01$ ). Es interesante ver que la asociación entre tener la capacidad para sentarse y levantarse del suelo no es especialmente mejor para ninguno de los movimientos, siendo los coeficientes de correlación algo superiores para la movilidad articular de la extremidad inferior. Aunque la potencia máxima absoluta no está relacionada con la flexibilidad ( $r = 0,20$  para hombres y  $r = -0,01$  para mujeres), la potencia muscular estandarizada por el peso corporal muestra una asociación directa, pero modesta ( $0,34 < r < 0,41$ ).

**• Conclusión:**

Contrariamente a lo que uno podría deducir de la información del somatotipo (específicamente, la relación inversa entre la mesomorfia y la flexibilidad en los sujetos de mediana edad que no participan en competiciones o entrenamientos deportivos), los sujetos con mayor flexibilidad general muestran unos niveles por encima de la media de fuerza y potencia musculares. Estos sujetos son probablemente los más jóvenes de la muestra y también son más capaces de realizar movimientos motores que dependen de estas variables. Estos datos están en concordancia con la teoría de que con el paso de los años, los niveles de fitness disminuyen en general, no solamente para una única parte del cuerpo.

La capacidad para sentarse y levantarse del suelo está influida favorablemente por la flexibilidad de la extremidad inferior.

## La autopercepción

Datos originalmente de [29] y parcialmente reanalizados para este resumen.

### • Razonamiento:

Para aprender inicialmente y corregir los problemas de ejecución de una determinada acción motriz, es extremadamente importante tener el conocimiento de los beneficios relacionados con el dominio de un movimiento. Es posible que para tomar una decisión sobre salud y condición física, el conocimiento tenga también un papel importante. Se conoce muy poco sobre la autopercepción de la condición física, e incluso menos sobre la autopercepción de la flexibilidad.

### • Objetivo:

El objetivo de este estudio fue comparar la autopercepción de los sujetos de la flexibilidad con una evaluación de experto en adultos que practicaban distintos niveles de ejercicio físico regular y determinar si había alguna discrepancia en la asociación con un nivel específico de flexibilidad corporal.

### • Muestra:

Se estudió a 52 sujetos (34 hombres y 18 mujeres) con edades entre los 19 y los 51 años. Trece eran deportistas, 19 estaban físicamente activos y 3 eran sedentarios. Para el propósito de este estudio, se definió a los deportistas como los que participaban en deportes de competición o los que seguían regularmente un entrenamiento deportivo, y los físicamente activos fueron quienes hacían ejercicio como mínimo tres veces por semana.

### • Métodos:

Se explicó el procedimiento del flexitest y se mostraron los mapas de evaluación a todos los sujetos. Se valoró a estos en función de su nivel general de flexibilidad de acuerdo con una escala ordinal de seis niveles (los percentiles correspondientes están entre paréntesis): muy malo ( $< P_{10}$ ), malo ( $P_{10-25}$ ), promedio bajo ( $P_{26-50}$ ), promedio alto ( $P_{51-75}$ ), bueno ( $P_{76-90}$ ) y excelente ( $> P_{90}$ ). Los per-

centiles se tomaron del banco de datos del flexitest de acuerdo con la edad y el sexo. Entonces, el evaluador realizó el flexitest al entrevistado y se compararon los resultados de la autopercepción del sujeto y la valoración del evaluador.

### • Resultados:

No hubo diferencias significativas entre la medición del evaluador y las puntuaciones del flexitest autopercebidas por el sujeto, tanto si hablamos en términos de clasificación ordinal como de comparación de las puntuaciones promedio. Individualmente, sin embargo, los desacuerdos fueron sustanciales, oscilando entre el -25 y el 28% del flexindex medido efectivamente. En torno a una cuarta parte de los sujetos realizaron errores sustanciales superiores al 10% en la sobreestimación de su flexibilidad, mientras que el 40% de los sujetos subestimaron su flexibilidad en menos del 5%. Un patrón habitual de ejercicio físico no tuvo influencia alguna en la correcta o errónea autopercepción de la flexibilidad general. El porcentaje de error en la autopercepción de la valoración como un valor del flexindex está relacionado con la flexibilidad general medida efectivamente ( $r = 0,4$ ;  $p = 0,002$ ).

### • Conclusión:

De manera genérica, la autopercepción de la flexibilidad fue apropiada; sin embargo, sobre una base individual, el margen de error fue excesivo y puede influir sobre las eventuales mejoras que podrían obtenerse con un entrenamiento específico. Las discrepancias entre los valores subjetivos y objetivos de la flexibilidad parecían estar relacionados con el nivel global de flexibilidad e independiente de la participación en un patrón de ejercicio regular. Los individuos más flexibles tienden a subestimar sus niveles reales de flexibilidad, y los menos flexibles tienden a sobreestimar su estatus de flexibilidad, lo que implica finalmente una tendencia de regresión hacia la media.

La autopercepción de la flexibilidad en adultos tiende a ser razonablemente precisa, a pesar de que los errores individuales pueden ser sustanciales.

## Prolapso de la válvula mitral

Datos originalmente de [31] y parcialmente reanalizados para este resumen.

### • Razonamiento:

El prolapso de la válvula mitral (PVM) es un movimiento anormal, excesivamente largo y redundante de una o más hojas de la válvula mitral. Es como mínimo tres o cuatro veces más frecuente en mujeres que en hombres y afecta del 2 al 5% de las mujeres. El diagnóstico se establece habitualmente mediante una ecocardiografía bidimensional. Se ha sospechado que las mujeres con PVM tienen una mayor laxitud ligamentosa y a menudo una mayor flexibilidad general.

### • Objetivo:

El objetivo de este estudio fue valorar si las mujeres adultas con PVM tienen una mayor flexibilidad del movimiento articular específica y general.

### • Muestra:

Se estudió retrospectivamente a 125 mujeres con una edad media de 50 años. A 31 de ellas se les había diagnosticado PVM.

### • Métodos:

El flexitest fue aplicado por un único evaluador. Los datos del flexindex para cada uno de los movimientos y articulaciones fueron comparados en los grupos con y sin PVM. Debido a la asunción teórica de que habría diferencia, se eligió un enfoque estadístico de una sola cola.

### • Resultados:

Los resultados del flexindex (48 versus 42 puntos) mostraron que las mujeres con PVM eran aproximadamente un 15% más flexibles en promedio que las que no tenían esa anomalía estructural. Ninguna de las mujeres adultas estudiadas mostraba una hipermovilidad general, es decir, una puntuación del flexindex superior a 70 puntos, aunque las puntuaciones superiores a 55 puntos fueron como mínimo tres veces más frecuentes en las mujeres con PVM. Como era de esperar, la evaluación de la flexibilidad reveló valores más elevados en todas las articulaciones de las mujeres con PVM; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas para los movimien-

tos de rodilla o tronco y estuvieron en el límite para la ROM de la muñeca.

Cuando se valoraron con el flexitest los movimientos individuales, hubo, de nuevo, una clara tendencia hacia valores superiores en las mujeres afectadas, que alcanzaron una relevancia estadística en 13 de los 20 movimientos. Es interesante ver que los movimientos utilizados habitualmente en otras valoraciones de la flexibilidad, como la extensión de la rodilla, que se utiliza para valorar la hiperextensión en el método de Beighton-Hóran, y la flexión del tronco, que se parece al test *sit-and-reach*, no mostraron diferencias estadísticas. Para la flexión del tronco, la mayoría de los sujetos de ambos grupos puntuaron un 2, y las medias fueron prácticamente idénticas (2,13 y 2,09, respectivamente, para las mujeres con PVM y sin PVM). Por otro lado, para la extensión del codo hubo una diferencia clara entre los dos grupos, con medias de 2,65 y 2,11, respectivamente, para las mujeres con PVM y sin PVM. Además, no se encontraron puntuaciones de 0 ó 1 para este movimiento en las mujeres con PVM, pero se encontraron como mínimo en un 10% de las mujeres sin PVM, lo que definió una excelente especificidad. Otro movimiento para el que la ausencia de puntuaciones de 0 y 1 reveló un alto poder discriminatorio es la rotación lateral del hombro, con 0 frente a un 20%, respectivamente, de índices de ocurrencia en mujeres con y sin PVM. La puntuación de 4 en el flexitest fue al menos dos veces tan frecuente en mujeres con PVM, aunque esto también ocurrió en al menos el 5% de los movimientos de las mujeres no afectadas. La prevalencia de como mínimo 3 puntuaciones de 4 entre las puntuaciones para los 20 movimientos fue 25 y 10%, respectivamente, para los casos con y sin PVM. Los índices de variabilidad intermovimiento e intraarticular no difirieron entre los dos grupos.

### • Conclusión:

A pesar de que hubo una tendencia hacia una mayor flexibilidad general y específica en las mujeres adultas con PVM, no siempre fue posible identificarlas basándose exclusivamente en la evaluación de la flexibilidad. La presencia de una hipomovilidad relativa o importante en la extensión del codo y en la rotación medial del hombro parecía excluir la posibilidad de PVM en las muje-

res adultas. Por otro lado, la flexión del tronco, habitualmente valorada con el test *sit-and-reach*, tuvo un menor poder discriminatorio para identificar la presencia de PVM en las mujeres adultas. El flexitest, sea mediante 2 de sus movimientos, o sea mediante el conjunto completo de 20 movimientos, contribuye a la exploración física y a la valoración clínica de las mujeres adultas con PVM.

Aunque la hipermovilidad general es un hallazgo habitual en las mujeres con prolapso de la válvula mitral, la hipomovilidad en la extensión del codo y la rotación medial del hombro excluye prácticamente su presencia.

## Estudios de intervención

Para terminar este capítulo, presentamos tres estudios en los que se describen concisamente las respuestas de flexibilidad a distintas intervenciones y se exponen las implicaciones potenciales. Estos estudios requirieron mediciones del flexitest de evaluación y reevaluación, y son probablemente útiles para el lector interesado en aplicar el método en este contexto.

## Efectos del calentamiento

Datos originalmente de [11] y parcialmente reanalizados para este resumen.

### • Razonamiento:

Es habitual en deportistas y en sujetos físicamente activos empezar la sesión de entrenamiento con ejercicios de estiramientos. Para algunos deportistas –gimnastas y bailarines, por ejemplo– estos ejercicios se consideran obligatorios, y hay que tomarlos en serio y ejecutarlos durante un período bastante largo de tiempo en cada sesión práctica. Es de sentido común que haciendo esto se prepara el cuerpo para la principal y más importante parte de la sesión de entrenamiento y se minimiza o se reduce el riesgo de lesión del sistema locomotor. Es también bastante posible que los ejercicios de estiramiento contribuyan a un significativo aumento de la flexibilidad, sea una respuesta de corta duración, sea un proceso de adaptación a

largo plazo. En el primer caso es fundamental valorar si el calentamiento afecta a la flexibilidad corporal, lo que podría tener unas implicaciones metodológicas relevantes para la aplicación del flexitest.

La estandarización de una serie o una rutina de calentamiento es probablemente posible sólo en situaciones deportivas altamente controladas, como son las sesiones de entrenamiento de un equipo de competición de alto nivel. Pero los entusiastas de los deportes típicamente solitarios suelen carecer de una rutina sistemática de calentamiento, bien porque no conocen las técnicas, bien porque no lo valoran o no lo priorizan como para dedicar tiempo a realizarlo.

### • Objetivos:

El objetivo de este estudio fue cuantificar los efectos de un calentamiento activo, no estandarizado y autoplanificado para la flexibilidad general y específica en sujetos aparentemente sanos de distintas edades y registros deportivos. Las diferencias causadas por el calentamiento podrían estar relacionadas con la edad, el nivel de flexibilidad inicial y el patón de actividad física.

### • Muestra:

Participaron en este estudio un total de 109 voluntarios (57 hombres y niños y 52 mujeres y niñas) entre las edades de 6 y 35 años. Los patrones de actividad física variaron entre los sujetos e incluyeron a niños que recibían las clases de educación física y de natación en el colegio y a adultos físicamente activos o sedentarios.

### • Métodos:

Un único evaluador experimentado llevó a cabo el flexitest en el lado derecho de todos los sujetos antes y después de cinco minutos de un calentamiento activo y autoplanificado. El calentamiento se realizó independientemente durante unos 10 minutos después de que el sujeto fuera instruido en “calentar” las articulaciones corporales mediante el movimiento. Con el fin de simular las condiciones diarias y permitir la extrapolación de los resultados a personas normales que hacen ejercicio, no se controló el tipo, la intensidad, la secuencia o la magnitud de la ROM articular alcanzada durante los ejercicios de calentamiento. Se aplicaron técnicas estadísticas adecuadas des-

criptivas e inferenciales al estudio y se estableció un nivel de significación en el 5% de probabilidad.

#### • **Resultados:**

El calentamiento promovió un incremento significativo (una mediana de 2 puntos) de los valores del flexitest para todo un subgrupo de muestra analizado, yendo de -1 a +11 puntos. En 86 sujetos (79%) la flexibilidad aumentó con el calentamiento, y en 37 de ellos (34%) este aumento estuvo por encima del 10% del valor inicial del flexitest, unos 4 puntos, ciertamente más que un eventual margen de error que el evaluador habría podido cometer. Todas las diferencias para los movimientos individuales fueron, como se esperaba, de magnitud limitada y representadas por sólo 1 punto en la escala de puntuaciones del flexitest. El impacto positivo sobre la movilidad articular producido por el calentamiento no fue ni siquiera distribuido entre los 20 movimientos. Los movimientos en los que, como mínimo, un 15% de los sujetos mejoró fueron: II, V, VIII, IX, X, XI, XVI, XIX y XX; mejoraron todas las articulaciones excepto las de la rodilla, la muñeca y el codo. Todos los movimientos de flexibilidad del tronco se beneficiaron del calentamiento. Por otro lado, no hubo incremento alguno de la extensión de la rodilla o el codo en ninguno de los sujetos (<1%). En cuanto a la relación entre las variables, se detectó que las diferencias de la flexibilidad entre el pre y el postcalentamiento no se correlacionaron con los patrones de comportamiento del ejercicio propios de la edad o con el nivel inicial de flexibilidad.

#### • **Conclusión:**

Un calentamiento activo, incluso cuando no está estandarizado, influyó positivamente la flexibilidad general y específica, y favoreció los incrementos significativos de movilidad en los movimientos del tronco y en algunos movimientos de cadera, hombro y tobillo. Sin embargo, la ganancia fue relativamente pequeña –un 5% sobre el valor inicial– y ocurrió en sujetos con un alto grado de flexibilidad y también en aquellos con más limitada movilidad, sugiriendo, por tanto, que incluso la gente muy flexible como los gimnastas y bailarines pueden alcanzar una movilidad incluso mayor con un calentamiento. Son necesarios otros estudios para definir la rutina de calentamiento que promueva mejor las ganancias de

flexibilidad. Basándonos en estos datos, se puede también concluir que es necesario controlar la variable de actividad física o calentamiento durante la hora previa a la aplicación del flexitest. Considerando el amplio rango de ganancias de flexibilidad con el calentamiento, parece más apropiado eliminar la variable mediante la estandarización de la aplicación del flexitest prohibiendo un calentamiento preevaluación.

Tan sólo 10 minutos de calentamiento activo y autoplaneado mejoran la flexibilidad mayoritariamente en los movimientos de tronco tanto en niños como en adultos.

## Capacidad para realizar las actividades diarias

Datos originalmente de [28] y parcialmente reanalizados para este resumen.

#### • **Razonamiento:**

Con el incremento progresivo de la esperanza de vida, existe un aumento sustancial, tanto en cifras absolutas como relativas, de la población de la tercera edad. A pesar de este evidente aumento de los años de vida, la cuestión de su calidad no ha sido todavía propiamente tratada. Estos sujetos a menudo presentan dolencias degenerativas crónicas que afectan sustancialmente a su autonomía y a su calidad de vida. Claramente, los adultos y los ancianos se quejan de un aumento del grado de dificultad inherente a la ejecución de sus tareas diarias. Es posible, sin embargo, que estar físicamente activo y más específicamente, realizar regularmente ejercicios de estiramientos, ayuden a minimizar estas dificultades.

#### • **Objetivo:**

El objetivo de este estudio sobre adultos fue relacionar las ganancias de flexibilidad general y específica en programas de ejercicio físico supervisados con la facilitación eventual de la ejecución de los ejercicios físicos cotidianos.

#### • **Muestra:**

Se evaluó a veinte personas (15 hombres y 5 mujeres), la mayoría de las cuales estaba siendo sometida secundariamente a una prevención de la

enfermedad coronaria; sus edades oscilaban entre los 38 y los 76 años ( $57 \pm 19$  años). Los sujetos que cumplían completamente los criterios siguientes fueron seleccionados entre la población de pacientes de un programa de ejercicio físico supervisado:

- Valoración de la flexibilidad realizada después de completar el programa y con un entrenamiento de 3 a 18 meses.
- Participación regular en el programa de más de tres veces por semana, sin interurrencias clínicas significativas y con una tasa de cumplimiento superior al 75% durante el período entre las dos evaluaciones de la flexibilidad.
- Administración del flexitest por el mismo evaluador las dos veces.

#### • Métodos:

Como parte de una amplia rutina de tests clínicos y funcionales, se utilizó el flexitest para evaluar la flexibilidad de 20 sujetos. Cada sujeto fue evaluado y reevaluado por el mismo evaluador, que era bastante experto en la utilización de la técnica. Además, para la realización de estos tests, los sujetos fueron entrevistados y respondieron a un cuestionario específico de 11 puntos para ayudarnos a valorar eventualmente cualquier beneficio derivado del ejercicio físico supervisado. El cuestionario buscó establecer el grado de facilidad que cada sujeto mostró en la ejecución de las siguientes acciones:

1. Subir y bajar escaleras
2. Entrar y salir de un coche
3. Atarse los zapatos
4. Ir en bicicleta
5. Caminar en una cinta
6. Cruzar las piernas estando sentado
7. Alcanzar la espalda para rascarse o limpiarse cuando se ducha
8. Alcanzar un objeto en lo alto de una estantería
9. Caminar
10. Levantarse de la cama
11. Agacharse

El nivel relativo de facilidad para cada una de las 11 acciones fue determinado en una escala análoga visual de 10 cm de largo, con un “muy difícil” y un “muy fácil” indicados en sus extremos

izquierdo y derecho, respectivamente. Los sujetos fueron entrevistados una vez en una sesión, después de meses de entrenamiento y se les pidió que marcaran en la escala su estimación del nivel de dificultad antes y después del entrenamiento. La distancia en milímetros entre las dos marcas se consideró que representaba el nivel de cambio debido al entrenamiento y podría ser positivo, indicando mejora, o negativo, mostrando empeoramiento. Esta estimación fue determinada para cada acción individual y para el conjunto en total. El programa de ejercicio supervisado incluía unos 30 minutos de un trabajo aeróbico diseñado para alcanzar una frecuencia cardíaca determinada con objetivo individual de acuerdo con los resultados del test de esfuerzo cardiopulmonar inicial, 8 a 10 ejercicios de fortalecimiento muscular realizados en dos series de seis a ocho repeticiones cada uno y unos 10 minutos de ejercicios de estiramientos activos y pasivos habilitados para cada sujeto con el objetivo de aumentar la movilidad en quienes resultaron más limitados en la valoración inicial.

#### • Resultados:

El programa de ejercicio supervisado provocó un aumento del 10% como promedio de la flexibilidad general e indujo mejoras de los movimientos articulares de la cadera, el tronco y el hombro. Se observaron mejoras en los movimientos de extensión y aducción de la cadera, flexión lateral del tronco, rotación del hombro y extensión de la espalda. Hubo también un aumento significativo de la facilidad para pedalear en la bicicleta, subir y bajar las escaleras y andar sobre una cinta, y también una mejora menos espectacular en las acciones de cruzar las piernas sentado y levantarse de la cama. La mejora del flexindex fue positiva y se relacionó significativamente con un alto nivel de facilidad en la ejecución general de las acciones diarias valoradas ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,04$ ). Además, se vieron también asociaciones significativas entre: a) la extensión de la rodilla flexionada y la facilidad de entrar y salir de un coche, y b) calzarse y atarse los zapatos y levantarse de la cama con un aumento de la movilidad de la flexión del tronco.

A pesar de estos resultados, una posterior subdivisión de la muestra de acuerdo con el peso corporal mostró que únicamente quienes habían sufrido una significativa pérdida de peso (es decir, un 5% de su peso corporal original) tuvieron una mayor ganancia

de flexibilidad: ninguno de los cuatro sujetos que ganaron peso durante el período de estudio tuvieron ninguna mejora en la flexibilidad. De hecho, hubo una correlación inversa y significativa entre el peso corporal y las variaciones del flexindex ( $r = -0,66$ ;  $p < 0,05$ ). Se detectó también que los sujetos quienes tenían unos niveles iniciales de flexibilidad menores, experimentaron las mayores ganancias con el entrenamiento supervisado ( $r = -0,65$ ;  $p = 0,05$ ).

#### • **Conclusión:**

Los adultos sometidos a un programa de ejercicio supervisado mejoraron su flexibilidad especialmente en las articulaciones más importantes, lo que se reflejó en el aumento del grado de facilidad con que realizaban las acciones cotidianas. Sin embargo, hubo variaciones importantes interindividuales en los resultados que parecían depender del grado inicial de flexibilidad y la presencia de cualquier cambio concurrente del peso corporal. Debido a que la autonomía puede ser afectada adversamente por el proceso de envejecimiento, es posible que unos programas de ejercicio físico con aeróbic, fortalecimiento muscular y estiramientos ayuden a minimizar o incluso a revertir parcialmente estas limitaciones en la ejecución de las tareas diarias, especialmente en individuos que tratan de perder peso y tienen un bajo nivel de flexibilidad inicial.

Los sujetos con deficientes niveles de flexibilidad son quienes muestran mayores mejoras en la ejecución de las actividades de la vida diaria después de participar en un programa de ejercicio supervisado que incluye ejercicios de estiramientos.

## Programa de ejercicio supervisado

Datos procedentes de material de laboratorio no publicado.

#### • **Razonamiento:**

La práctica regular de ejercicio físico implica toda una serie de cambios físicos positivos, y comporta la mejora de los más importantes aspectos de la forma física. Sin embargo, está claro que la mayoría de los beneficios fisiológicos de un programa regular de fitness se mantienen sólo mientras éste se

continúa; una vez interrumpido, estos beneficios tienden a perderse. Además, los beneficios son bastante específicos: el entrenamiento de fuerza muscular no se centra en los aspectos aeróbicos de la condición física y de un programa basado sólo en ejercicios aeróbicos no debe esperarse una mejora considerable de la flexibilidad. Otra cuestión importante se relaciona con la duración del seguimiento. La mayoría de los estudios que utilizan el ejercicio físico como intervención duran sólo unas semanas y rara vez unos pocos meses, lo que limita la extrapolación de la información para un individuo físicamente activo durante un largo plazo. No se han estudiado los beneficios de la flexibilidad acumulados durante los programas de fitness.

#### • **Objetivo:**

El objetivo de este estudio fue determinar el perfil específico y general de flexibilidad en sujetos adultos que asistían a un programa de fitness supervisado.

#### • **Muestra:**

Catorce sujetos adultos de  $61 \pm 10$  años de edad con enfermedad cardíaca participaron en un programa de ejercicio supervisado (relación típica de personal a paciente de 1:3) que incluyó ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento muscular y de flexibilidad en sesiones de 60 a 90 minutos de duración de tres a seis veces por semana.

#### • **Métodos:**

Al principio del programa, se sometió a los sujetos a una valoración detallada, que incluyó la medición del consumo máximo de oxígeno, la fuerza muscular y la flexibilidad y la evaluación de la capacidad de trabajo utilizando un protocolo de rampa en un cicloergómetro. La flexibilidad se valoró con el flexitest. Basándose en los resultados, cada sujeto asistió a un programa de ejercicio individualizado que se prescribió y se ajustó frecuentemente para proporcionar los estímulos apropiados para la mejora de todos los aspectos de la forma física. Después de un período promedio de 6 meses (intervalo de 3 a 14 meses), las rutinas del test fueron repetidas por el mismo evaluador. Con el objetivo de evitar un sesgo potencial, este evaluador no tuvo acceso a los resultados del anterior flexitest en el momento de reevaluar al sujeto.

**• Resultados:**

Como promedio, hubo un aumento en torno al 30% de los valores del flexindex, que iba de  $27,1 \pm 2,1$  a  $34,3 \pm 2,5$  puntos (media  $\pm$  error estándar de la media) ( $p < 0,01$ ), con cambios individuales que oscilaban de 0 a 14 puntos. Considerando el grupo de edad y el sexo, los sujetos que en la valoración inicial fueron clasificados como promedio en el percentil 37 (intervalo, 1 a 83), en la reevaluación, después de la mejora de las puntuaciones del flexindex, pasaron a un percentil medio de 63 (intervalo, 17 a 97). Al principio, 9 de 14 sujetos (70%) estuvieron por debajo de lo esperado para su grupo de edad (percentil 50); después del programa de entrenamiento, sólo 4 sujetos (29%) obtuvieron puntuaciones del flexindex inferiores al percentil 50 para sus edades. No hubo una relación significativa entre los valores iniciales y sus respectivas ganancias de flexibilidad. A pesar del pequeño tamaño de la muestra, fue posible detectar mejoras de la movilidad significativas en 14 de los 20 movimientos del flexitest ( $p < 0,05$ ), aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas aparentes en los movimientos del codo, la muñeca, la rotación medial de hombro y la flexión de tronco. Cuando se analizó por articulación, se detectó una mejora de la movilidad en todas las articulaciones ( $p < 0,01$ ) excepto en el conjunto de los movimientos de la muñeca y el codo ( $p = 0,22$ ). Hubo también una reducción significativa del índice de variabilidad distal-proximal, desde

$2,05 \pm 0,63$  hasta  $1,19 \pm 0,05$ , con una tendencia hacia los perfiles de flexibilidad corporal más propia de sujetos más jóvenes ( $p = 0,09$ ).

**• Conclusión:**

Un programa de fitness personalizado y bien controlado puede ofrecer unas mejoras significativas de la flexibilidad general y la específica. Las características anatómicas pueden explicar las pequeñas ganancias de movilidad para las articulaciones de la muñeca y el codo. Relacionando la puntuación media del flexindex con la edad media del grupo, tenemos resultados de percentil pre y postentrenamiento de 35 y 63, respectivamente, lo que refleja la importancia de la intervención para la mejora. Por tanto, la obtención por los sujetos del percentil 63, el resultado del flexindex postentrenamiento promedio para el grupo de edad 41-45, indica que un programa de entrenamiento supervisado con ejercicios de estiramientos personalizados seguido durante un período de seis meses puede permitir a los sujetos en la sesentena mantener el mismo estándar de flexibilidad que tenían cuando eran 20 años más jóvenes.

Los pacientes cardíacos que fueron sometidos a unos pocos meses de un programa personalizado de estiramientos activos y pasivos mejoraron su flexibilidad y pasaron de estar por debajo a estar por encima de las medias para su edad y sexo.

## Capítulo 8

# Análisis comparativo de los métodos de evaluación

Llegado a este punto, después de leer los otros capítulos, puede que esté interesado en comparar las distintas maneras de valorar la flexibilidad de modo que pueda escoger el método que mejor se adapte a sus necesidades. Un protocolo ideal de valoración de la flexibilidad debe tener las características mostradas en la figura 8.1. Este capítulo le ayudará a elegir entre los mejores métodos de valoración de la flexibilidad mediante el comentario crítico de los beneficios y desventajas de cada uno, como se reveló en el sistema de clasificación de 18 criterios presentado en el capítulo 3 (véase tabla 8.1). Aunque hay un gran número de protocolos de evaluación en los distintos sistemas de medición (lineal, angular y adimensional), hemos seleccionado los ocho tests más relevantes para este análisis comparativo:

1. El flexitest
2. La técnica de Leighton
3. La goniometría
4. El test de Beighton-Hóran
5. El test de Nicholas
6. El test Rosenbloom
7. El test de Cureton
8. El test *sit-and-reach*

El *sit-and-reach* es el test lineal más utilizado en el campo de la educación física y el fitness, y presenta distintas versiones y adaptaciones (Jones et al. 1998; Holt, Pelham y Burke 1999). Una de las principales razones por las que este test es tan ampliamente utilizado es porque las tablas de criterios de ejecución para los distintos grupos de edad y ambos sexos están fácilmente disponibles, así como por el hecho de que lo han aprobado renombradas instituciones científicas (ACSM 2000). El *test de Cureton*, muy utilizado en el pasado, se utiliza cada vez menos, a pesar de su inclusión meritoria de un gran número de movimientos. El *sit-and-reach* y el test de Cureton ser-

virán como representativos de tests lineales en la comparación que realizamos en el capítulo.

Para los tests angulares, la convencional *técnica de la goniometría* es el patrón principal y el método utilizado más frecuentemente por los fisioterapeutas, preparadores físicos y médicos ortopedistas (AAOS 1965). Una variación importante es la *técnica de Leighton*, que utiliza una herramienta específica para medir el arco de movimiento completo sin disgregarlo en porciones de flexión y extensión (Leighton 1942, 1956). Existen unos valores normativos disponibles para evaluar la mayoría de los ángulos de arco de movimiento, aunque en algunos casos (por ejemplo, en la flexión del tronco) no es posible alinear con precisión la torre del goniómetro para encontrar un fulcro central adecuado. Por otro lado,

### Un método ideal para la evaluación de la flexibilidad requiere:

- Alta fiabilidad inter e intraevaluador
- Mucha seguridad (sin riesgo significativo de lesión o muerte)
- Simplicidad (sin aparatos caros ni una duración prolongada)
- Facilidad para los evaluadores del entrenamiento
- Disponibilidad de normas específicas de edad y sexo
- Información específica del movimiento y la articulación y comparaciones
- Disponibilidad de un criterio específico para las comparaciones de perfiles de flexibilidad
- Distinción entre mediciones activas y pasivas
- Cálculo de una puntuación de flexibilidad general con la distribución de Gauss

**Figura 8.1** Requisitos para un método ideal de evaluación de la flexibilidad.

**Tabla 8.1 Comparación de los protocolos de evaluación de la flexibilidad más importantes de acuerdo con un sistema de clasificación de 18 criterios**

Nº de criterio	Flexitest	Leighton	Goniometría	Beighton-Hóran	Nicholas	Rosenbloom*	Cureton	Sit-and-reach
<i>Metodológico</i>								
1	Estática	Estática	Estática	Estática	Estática	Estática	Estática	Estática
2	Pasivo	Activo	Activo	Activo	Mixto	Activo	Activo	Activo
3	Múltiple (20)	Múltiple (30)	Múltiple (>40)	Múltiple (9)	Múltiple (8)	Simple	Múltiple (4)	Simple
4	Simple	Simple	Simple	Simple	Compuesto	Simple	Compuesto	Compuesto
5	Simple	Compuesto	Compuesto	Simple	Compuesto	Simple	Compuesto	Compuesto
6	Múltiple	Múltiple	Múltiple	Múltiple	Múltiple	Único	Múltiple	Individual
7	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Pequeño	Regular	Pequeño
8	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	No
<i>Operativo</i>								
9	Ninguno	Complejos	Simples	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Simples	Simples
10	Medio	Largo	Largo	Medio	Medio	Corto	Medio	Corto
11	Alta	Media	Media	Muy alta	Alta	Muy alta	Media	Media
12	Puntos	Grados	Grados	Puntos	Puntos	Sí o no	Pulgadas (cm)	Pulgadas (cm)
<i>Científico</i>								
13	Alta	Alta	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta
14	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
15	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Media	Media
16	Muy altos	Muy altos	Muy altos	Medios	Bajos	Bajos	Medios	Medios
17	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja	Baja	Baja	Baja	Media
18	Paramétricas	Paramétricas	Paramétricas	No paramétricas	No paramétricas	No paramétricas	Paramétricas	Paramétricas

\* Implica sólo las pequeñas articulaciones de los dedos, manos y muñecas.

\*\* El tronco es considerado en nuestro sistema de clasificación, para simplificar, como una única articulación, aunque refleje los movimientos complejos de todos los discos intervertebrales.

existe muy poca información disponible sobre la medición angular en deportistas o en grupos especiales como los bailarines. Para la comparación, utilizaremos la goniometría convencional y la técnica de Leighton.

La mayoría de los tests adimensionales se utilizan para situaciones y propósitos específicos. Merece la pena mencionar el *test de Beighton-Hóran* (Beighton y Hóran 1969), diseñado para identificar los casos de hiper movilidad, el *test de Nicholas*, que valora a los jugadores de fútbol antes de la temporada, y el *test de Rosenbloom* (Rosenbloom et al. 1981), utilizado para evaluar la movilidad articular de la mano para valorar el riesgo futuro de microangiopatía en adolescentes diabéticos. El flexitest es un test adimensional para propósitos médicos y deportivos (Araújo 1986, 2001). Estos cuatro tests adimensionales fueron seleccionados para nuestra comparación de métodos lineales, angulares y adimensionales.

## Criterios metodológicos

Antes de empezar, hemos de reconocer que nuestra comparación de los tests seleccionados se limita a las mediciones de la flexibilidad estática, porque la valoración de la flexibilidad dinámica está confinada en su mayor parte a situaciones especiales de investigación y a laboratorios sofisticados.

Los tests difieren en los detalles de su ejecución: algunos recogen las mediciones de la flexibilidad activa, otros compilan las de la flexibilidad pasiva e incluso otros mezclan las mediciones activas y pasivas, como el test de Nicholas, y se clasifican como tests mixtos. Algunas de las técnicas de medición de la amplitud de movimiento (ROM), como la goniometría, pueden aplicarse tanto de manera activa como pasiva, a pesar de que la forma pasiva se utiliza menos a menudo porque requiere típicamente dos evaluadores. Este aspecto es bastante importante para distinguir entre los tests de flexibilidad.

Cuando se valora una variable biológica específica como la flexibilidad, es mejor que el resultado no esté contaminado o influido por otras variables. Para medir específicamente la flexibilidad variable, es preferible la medición pasiva como opuesta a la activa, porque la fuerza muscu-

lar y la coordinación motriz desempeñan un importante papel en el último método. Esto se ve claramente en el movimiento de flexión de la rodilla realizado cuando el sujeto está de pie. Si el sujeto realiza el movimiento únicamente contrayendo los músculos flexores, el lugar anatómico de los músculos limita significativamente la ROM. Por otro lado, si el movimiento se repite mientras el sujeto utiliza las manos para tirar de la pierna hacia el muslo, la ROM es considerablemente mayor. De hecho, en la flexión pasiva de la rodilla las porciones posteriores de la pierna y el muslo pueden quedar a menudo superpuestas, lo que demuestra que la ROM activa estaba limitada por imposición de los músculos contraídos y no por una flexibilidad deficiente. Otro ejemplo todavía más sorprendente de la diferencia entre la flexibilidad activa y la pasiva lo ilustra la persona con paraplejía que no puede flexionar voluntariamente la cadera pero que tiene una ROM normal en la flexión pasiva de la cadera.

A menudo se formulan dos cuestiones en relación con la valoración de la flexibilidad pasiva: ¿cuánto esfuerzo debe aplicar el evaluador? y ¿cómo se sabrá cuándo ha alcanzado su límite la movilidad pasiva? Es necesaria una buena fuerza muscular para aplicar métodos pasivos, especialmente para realizar movimientos específicos en sujetos muy fuertes u obesos. Sin embargo, con habilidad técnica y la fuerza habitual de una mujer joven de estatura media, es posible para un evaluador aplicar el flexitest y los otros métodos pasivos sin dificultad. Al principio de casi todos los movimientos articulares, la ejecución es bastante fácil, pero se va dificultando a medida que se aproxima a la ROM máxima. Las posiciones extremas de la mayoría de los movimientos, cuando se emplea una fuerza adicional, causan molestias repentinas al sujeto evaluado. La definición de flexibilidad que hemos presentado en el capítulo 1 es la única que establece explícitamente que la flexibilidad debe medirse en los límites fisiológicos, lo que significa que no se debe causar lesión alguna. Incluso cuando otras definiciones no abordan específicamente esta cuestión, parece claro que la medición de la flexibilidad debe realizarse sin riesgo de daño. De acuerdo con esto, la administración del flexitest debe ser realizada cuidadosamente y buscar la obtención de la máxima amplitud fisiológica de un determinado movimiento

respetando obviamente el músculo, el tendón y la rigidez articular del sujeto que está siendo evaluado. Esto es también válido para otros métodos de evaluación pasiva.

Parece probable que la posibilidad de un accidente o una lesión durante la evaluación de la flexibilidad sea mayor con los métodos activos que con los pasivos. Un profesional de la salud tendrá menos probabilidades de lesionar a un sujeto cuando realiza un movimiento que un sujeto que realiza el test *sit-and-reach* tendría de autolesionarse mediante el balanceo del tronco hacia atrás y el sobrestiramiento de los músculos posteriores del muslo para alcanzar un resultado óptimo. Por tanto, creemos que la valoración de la flexibilidad pasiva debe ser el modo de preferencia, dejando las mediciones activas o mixtas para casos muy específicos.

Para evaluar la flexibilidad, hay que valorar uno o más movimientos. Desde los estudios clásicos de Harris (1969a), se ha sabido que la movilidad articular es una característica muy específica que varía de acuerdo con cada movimiento o articulación. Los cinco criterios metodológicos que presentamos a continuación toman en consideración la especificidad de la flexibilidad.

El primer criterio hace referencia al número de movimientos del test. Mientras que algunos tests miden la movilidad mediante un único movimiento corporal (por ejemplo, el test *sit-and-reach*), otros combinan cierto número de mediciones de movimientos. También consideramos el número de articulaciones y el número total de movimientos articulares que se miden efectivamente. Los métodos se pueden dividir en grupos de recogida de datos “pequeña”, “regular” y “grande” sobre la base de un determinado número de mediciones articulares únicas o repetidas tomadas y el número total de movimientos articulares. Por ejemplo, el test de Beighton-Hóran evalúa 9 movimientos, el flexitest mide 20 movimientos (o 36 si se evalúan los dos lados del cuerpo) y la goniometría valora unas 40 mediciones angulares.

Cuando evalúe más de una ROM articular en un movimiento del test, tome nota del número de articulaciones y de movimientos articulares que son evaluados. Se dice que un test es de diseño sencillo cuando se evalúa únicamente un movimiento articular para cada movimiento del test, y de diseño

complejo para un movimiento o una articulación cuando el movimiento examinado considera más de un movimiento o articulación al valorar la puntuación. Por ejemplo, en el test *sit-and-reach*, valoramos un movimiento único cuyo resultado depende de la movilidad de un determinado número de articulaciones y movimientos (dorsiflexión del tobillo, extensión de la rodilla, flexión del tronco, extensión del codo y otros), de modo que es un test tanto para el movimiento como para la articulación. Otro ejemplo son los tests angulares que combinan la flexión del codo y la movilidad de extensión para valorar el arco del movimiento del codo con el flexómetro de Leighton; este test es, por tanto, complejo para la clasificación del movimiento y simple para la articulación.

Con respecto a la especificidad de la flexibilidad, siempre que sea posible, mide todos los movimientos diferentes de las articulaciones principales. Los tests que miden un movimiento único o la flexibilidad de una articulación y aquellos que combinan varios movimientos articulares en uno o en unos pocos movimientos del test no identifican la especificidad y sus evaluaciones son bastante limitadas, especialmente para la clasificación de un movimiento articular de acuerdo con su amplitud para establecer un diagnóstico médico, definir un estándar deportivo favorable o prescribir ejercicio físico. Para estos propósitos, el test *sit-and-reach* es el menos adaptable, mientras que el flexitest, mediante la medición de cómo mínimo siete articulaciones y 20 movimientos, es el más adaptable para la mayoría de los profesionales de la salud y los propósitos deportivos.

La mayoría de las investigaciones indican que los niños son más flexibles que los adultos y que entre los adultos del mismo grupo de edad, las mujeres tienden a ser más flexibles que los hombres. Tales afirmaciones muestran que la flexibilidad, a pesar de presentar un alto grado de especificidad, es una característica genérica tanto de la salud como de la ejecución relacionada con la forma física. Los resultados de los tests no siempre reflejan efectivamente la flexibilidad medida, y los tests pueden ser clasificados de acuerdo con el hecho de si ofrecen o no una puntuación global consolidada. En los tests de un solo movimiento, como el *sit-and-reach*, la medición en sí misma es una puntuación final global; sin embargo, su interpretación es bastante limitada debido al

número de variables que intervienen (Shephard, Berridge y Montelpare 1990). En los tests que incluyen un indeterminado número de movimientos, todos los movimientos han de medirse en la misma escala y los resultados iguales deben tener el mismo significado. Este problema es, desafortunadamente, una de las mayores limitaciones de la goniometría (y de la técnica de Leighton), porque un arco de movimiento de 90° para la flexión-extensión de la cadera refleja una movilidad limitada, pero en el tobillo refleja hipermovilidad. Por tanto, puede realizarse la medición goniométrica de cada ángulo de movimiento, pero los resultados no pueden agruparse para llegar a la puntuación global. La medición del flexitest de 20 movimientos sobre una única escala confiere a cada puntuación el mismo significado técnico y estadístico y permite que todas las puntuaciones se sumen para llegar a una puntuación global de la flexibilidad, denominada flexindex. En el sistema de puntuación del flexitest, las articulaciones más grandes como la del hombro y la de la cadera, influyen en mayor medida en el resultado final al ser evaluadas en cinco (25%) y cuatro (20%) de los movimientos, respectivamente. Esto no ocurre en el test de Beighton-Hóran, que también puede ofrecer una puntuación global que va de 0 a 9 puntos, pero no mide la movilidad del hombro o de la cadera.

## Criterios operativos

Hemos expuesto los ocho primeros criterios metodológicos del sistema de clasificación de los tests de flexibilidad, de modo que ahora avanzamos hacia los temas operacionales. Es interesante, a pesar de que el reconocimiento de la flexibilidad ha ido aumentando como un importante aspecto de la valoración de la forma física y de la prescripción del ejercicio, que se haya hecho tan poco para promoverla. En la mayoría de las situaciones profesionales, el tiempo, el personal y los materiales necesarios para valorar la forma física y sus principales variables son escasos, y la carencia es todavía más marcada en relación con la flexibilidad. Una de las limitaciones más claras para implementar un método de evaluación en una situación profesional es el requerimiento de equipamiento caro y sofisticado, como el necesario para medir directamente la ventilación pulmonar y la aspira-

ción de oxígeno durante el ejercicio. El equipamiento utilizado para los tests de flexibilidad es menos sofisticado, con la excepción de la electrónica utilizada en la electrogoniometría o en las mediciones de flexibilidad dinámica. Los tests de flexibilidad pueden clasificarse de acuerdo con el nivel de sofisticación que requiere el equipamiento, partiendo de la técnica de Leighton y su flexómetro como el más sofisticado, seguido por distintos tipos de goniómetros de plástico o metal y el banco estándar del *sit-and-reach*, y por último, las tablas comparativas utilizadas para evaluar la flexibilidad con los tests de Beighton-Hóran, Nicholas y el flexitest.

Otro aspecto esencial para la elección de un test es el grado de dificultad implicado en el aprendizaje y en llegar a ser habilidoso en su aplicación e interpretación. La mayoría de los tests de evaluación de la flexibilidad no se aprenden en cursos universitarios o de licenciados. Los cursos extras o los talleres pueden ser útiles, pero, más a menudo, el evaluador novel los emprende por sí mismo mediante la asociación con un practicante que ya conozca la técnica, o mediante el estudio de textos técnicos y científicos como el que usted está leyendo ahora mismo. Aunque algunos tests son bastante simples (por ejemplo, el de Rosenbloom o el *sit-and-reach*), otros requieren un entrenamiento específico (como la goniometría), y algunos requieren un tiempo incluso mayor de aprendizaje a causa del equipamiento que se debe utilizar o de la técnica en sí misma (técnica de Leighton). A este respecto, el flexitest es moderadamente difícil de aprender porque se requiere estudiar el método, así como estudiar las tablas de evaluación para centrarse en las posiciones relativas del evaluador y del sujeto y el ángulo de visualización adecuado para hacer una valoración. Sin embargo, mediante la lectura del capítulo 4 de este libro y la práctica con los métodos de autoentrenamiento presentados en el capítulo 5, el profesional será capaz de empezar a evaluar a sujetos casi inmediatamente. Con el soporte de los datos de referencia del capítulo 5 y los recursos estadísticos presentados en el capítulo 6, el lector podrá utilizar el flexitest efectiva y eficientemente.

Una de las mayores limitaciones operacionales para la evaluación de la flexibilidad es la cantidad de tiempo que se necesita. Los tests de flexibilidad

deben durar lo menos posible para optimizar el uso del tiempo del evaluador. Algunos tests necesitan menos de un minuto para realizarse en una situación previamente preparada, como el *sit-and-reach*. Otros tests, entre ellos el flexitest, requieren entre 2 y 5 minutos para su realización, y unos pocos tests, como la técnica de Leighton y la goniometría, pueden durar más de 10 minutos, dependiendo de cuántos movimientos sean medidos. El flexitest tiene un perfil de uso del tiempo favorable, ya que mide 20 movimientos en menos de 5 minutos.

Además, los tests deben ser realizados en unas condiciones ambientales adecuadas, tal como una habitación apropiada con buena iluminación. Los ocho tests seleccionados para la comparación pueden ser fácilmente o bastante fácilmente ejecutados, siendo el más difícil de realizar la técnica de Leighton y el test *sit-and-reach*, y los más fáciles, los tests adimensionales simples como el de Beighton-Hóran y el de Rosenbloom. La dificultad de administrar el flexitest es intermedia, y el test es aplicable en casi cualquier situación, desde el despacho de un médico a una sala de evaluación, una pista, una sala de fitness o incluso en la zona de servicios.

Una manera alternativa de distinguir y clasificar los tests de flexibilidad que se basan en el criterio operacional es categorizarlos mediante la unidad de medición utilizada, sea lineal, angular o adimensional. Los tests lineales son siempre cuantificados con unidades lineales como los centímetros o las pulgadas. Los resultados de los tests angulares se expresan en grados. A pesar de que no hay unidades formales para expresar los resultados de los tests adimensionales, éstos se pueden cuantificar en puntos/puntuaciones (escalas de relación e interválicas), índices progresivos (escalas ordinales), o respuestas de sí/no (escalas nominales).

## Criterios científicos

El último grupo de criterios que hay que tratar en este capítulo se relaciona con los aspectos científicos de los tests y se centra en su fiabilidad, estabilidad, validez, sensibilidad, aplicabilidad y la naturaleza de su distribución de los resultados.

Revisando los significados de estos términos, un test fiable es aquel cuyos resultados alcanzados

en situaciones controladas tienden a ser idénticos, es decir, con mínima o nula variabilidad. La fiabilidad permite que los resultados sean comparados antes y después de una intervención (por ejemplo, un programa de entrenamiento) o entre sujetos, de modo que se pueda entender el significado de cualquier diferencia detectada. En general, los tests de flexibilidad son altamente fiables, con la excepción de los tests adimensionales como el de Beighton-Hóran y el de Rosenbloom, que ofrecen un intervalo pequeño de puntuaciones. El flexitest no es una excepción, ya que presenta resultados altamente fiables para puntuaciones inter e intraobservador –similares a y mejores que los de otros métodos. La fiabilidad mejora cuando la aplicación y los métodos de interpretación se siguen cuidadosamente y el evaluador es lo suficientemente habilidoso para identificar las diferencias menores. Por ejemplo, cualquiera de nosotros podría ver quién es el más alto de dos sujetos estando de pie uno junto al otro, aunque la diferencia de estatura sea sólo 1,5 cm, o menos del 1%. Hemos dirigido estudios pilotos que han mostrado que una diferencia angular superior al 3% entre dos segmentos lineales es identificada correctamente en más del 95% de las ocasiones, y un margen de error inferior al 5% es menos que el margen de error aceptado habitualmente en las mediciones goniométricas. Esta capacidad visual para discernir las diferencias explica la alta fiabilidad de las puntuaciones de movilidad articular pasiva valoradas mediante la comparación visual con las tablas del flexitest.

Los principales métodos de valoración de la flexibilidad son altamente estables y presentan resultados coherentes siempre que se realicen en situaciones controladas. Los dos factores principales que afectan a la estabilidad de la evaluación de la flexibilidad son la percepción o la tolerancia del dolor, y la realización de ejercicio físico inmediatamente antes de la medición. La sensibilidad y la tolerancia del dolor varían de un sujeto a otro, y de un momento a otro en el mismo sujeto, de modo que en presencia de una lesión reciente, la movilidad articular puede mostrar poca estabilidad de acuerdo con la sensibilidad del sujeto y la tolerancia del dolor. Algunas investigaciones han destacado que incluso un solo estiramiento puede afectar a la tolerancia del sujeto al estiramiento siguiente (Magnusson 1998). El ejercicio físico

intenso –especialmente si aumenta la temperatura corporal– realizado antes de la evaluación puede reducir considerablemente la estabilidad de un test de flexibilidad. Por tanto, recomendamos que las mediciones de flexibilidad con el flexitest o cualquier otro test se realicen sin ejercicio físico previo ni calentamiento ni repetición de intentos con el objetivo de alcanzar una mayor estabilidad de los resultados. Los tests lineales, como el *sit-and-reach* o el test de Cureton, pueden mostrar un deterioro de la estabilidad cuando se realizan diversas mediciones consecutivas, lo cual puede ser responsable de algunas ganancias descritas finalmente por los profesores o instructores en esas numerosas mediciones.

La validez de una herramienta de medición es uno de los más importantes criterios científicos que se debe tener en consideración cuando se elige un método de evaluación. Un test válido y estable es inútil si sus mediciones no significan nada o no pueden asociarse con la variable que se intentaba medir y valorar. Lamentablemente, no hay una regla de oro disponible para determinar comparativamente la validez de los tests de flexibilidad; se puede únicamente comparar la validez coexistente mediante la valoración de la asociación entre dos o más tests. Otra opción es validar el test en contraste con el criterio de referencia, como la incidencia del dolor lumbar, el riesgo de caídas en personas mayores o un rendimiento deportivo específico (Jackson y Baker 1986).

Los tests de flexibilidad más específicos tienden a ser menos válidos, mientras que los más generales, que implican un mayor número de movimientos muestran una mayor validez concurrente. Los resultados de los tests angulares, el test de Beighton-Hóran y el flexitest están favorablemente correlacionados, lo que muestra una alta validez; no ocurre lo mismo con el test *sit-and-reach* (Shephard, Berridge y Montelpare 1990; Cornbleet y Woolsey 1996; Jackson et al. 1998; Chung y Yuen 1999), el test de Cureton (Tully y Stillman 1997), el test de Nicholas o el test de Rosenbloom. Estos últimos tests, por tanto, deben ser aplicados en condiciones más específicas, como cuando, por ejemplo, se quiere valorar si un niño es capaz de tocarse los dedos de los pies con las puntas de los dedos de las manos únicamente mediante la flexión del tronco, sin flexionar las rodillas. Tests más ampliamente válidos, como el

flexitest y la goniometría, pueden aplicarse en situaciones más genéricas.

Una característica científica importante es la sensibilidad o el poder discriminatorio de un test. Un test sensible es aquel cuyos resultados permiten al evaluador identificar correctamente un cambio en la condición del sujeto. Esto es muy importante en el campo de la forma física cuando se desea medir las mejoras derivadas de un programa específico de flexibilidad o las pérdidas derivadas del envejecimiento o de un proceso de enfermedad. Los tests que incluyen “efectos de suelo y techo”, es decir, aquellos cuyos resultados mínimo o máximo se alcanzan mediante un número significativo de sujetos, tienen una sensibilidad limitada. Por ejemplo, la puntuación mínima, 0, en el test de Beighton-Hóran (que revelan una falta de hipermovilidad en los nueve movimientos evaluados) es un hallazgo frecuente en los adultos de mediana edad. Como no hay una puntuación menor, este test no detecta las pérdidas de flexibilidad que acontecen con el transcurso de los años. Los datos obtenidos con el test *sit-and-reach*, probablemente como resultado de discrepancias antropométricas entre sus sujetos, han sugerido que los niveles máximos de flexibilidad se dan en los adolescentes, no en los niños más pequeños, lo cual no tiene sentido y es contrario a la evidencia recogida mediante otros métodos. Por otro lado, el flexitest ha venido mostrando que es bastante sensible en un gran número de situaciones, identificando correctamente las diferencias entre hombres y mujeres, los cambios causados por el envejecimiento e incluso los efectos de un entrenamiento de estiramientos a corto plazo realizado por sujetos previamente sedentarios o de flexibilidad limitada. Los resultados del flexitest mostrados en curvas de percentiles son científicamente factibles y coherentes, en oposición a lo que ocurre con los de los tests lineales.

La aplicabilidad de un test para la valoración médica o la evaluación deportiva está relacionada con la consideración de su uso potencial en la situación específica. Mientras algunos tests tienen un amplio abanico de opciones de aplicación, otros tienden a estar restringidos a situaciones muy específicas (p. ej., el test de Rosenbloom). El test de Beighton-Hóran es muy útil para valorar la hipermovilidad, especialmente en niños y adolescentes, pero no es aplicable a personas mayores o

para la selección de deportistas de distintos deportes. Los tests de Nicholas y de Cureton se centran en grupos muy específicos, limitando así su aplicabilidad. A pesar de que el *sit-and-reach* ha tenido un papel histórico en la estimulación de la actividad física y en la mejora de la forma física de los estudiantes norteamericanos, su aplicabilidad es probablemente bastante restringida, e incluso fracasaron los intentos para relacionar una mala ejecución en este test con el dolor de espalda (Jackson et al. 1998). La goniometría tiende a una aplicación más general, y es probablemente el test elegido cuando uno necesita unas mediciones de flexibilidad muy precisas para un determinado movimiento, de modo que se puedan tomar decisiones clínicas (por ejemplo, para la valoración de la flexión de la rodilla después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior). El flexitest tiene un amplio sistema de puntuación que cubre todos los grados de movilidad desde la hipo hasta la hipermovilidad, movimiento a movimiento, en las siete articulaciones corporales más importantes. Los movimientos y articulaciones principales implicados en casi todos los movimientos corporales más importantes están incluidos en el flexitest. Además, el método ofrece la característica única de una puntuación global consolidada sin efectos de suelo y techo, hecho que mejora por tanto considerablemente la aplicabilidad del método. Una característica única del flexitest es la posibilidad de analizar el patrón de variabilidad de la flexibilidad entre los movimientos y las articulaciones y entre los segmentos corporales. El hecho de que el flexitest ofrezca una base de datos amplia y unas curvas de percentil para la edad y el sexo de casi 3.000 personas de ambos sexos, deportistas y no deportistas y, con edades comprendidas entre los 5 y los 88 años, fomenta todavía más a su utilización para propósitos médicos y deportivos, porque tiene probablemente la mayor aplicabilidad de todos los tests de flexibilidad.

Las características de distribución de los resultados para un análisis estadístico son también importantes en la valoración de los métodos de evaluación. Los datos pueden estar distribuidos de

acuerdo con una curva normal y entonces tanto pueden tener parámetros matemáticamente conocidos, como fracasar para encontrar estándares de distribución, siendo denominados no paramétricos. Los tests lineales y angulares presentan resultados muy cercanos a la curva gaussiana y se los considera habitualmente paramétricos. Por otro lado, los tests adimensionales, debido a las características de sus escalas de medición, son considerados generalmente como no paramétricos. El flexitest, la excepción de esta regla, es el único test adimensional con una distribución de resultados intencionadamente paramétrica para cada movimiento y para el conjunto de movimientos. Por tanto, el análisis estadístico de sus resultados puede hacer uso de recursos y procedimientos estadísticos más apropiados.

## Conclusión

Cuando un deportista o una persona se lesiona, se produce a menudo una reducción extrema de la movilidad de una o más articulaciones. De modo similar, en un plazo de tiempo mucho más lento a lo largo de los años, la movilidad también disminuye debido al proceso de envejecimiento. En ambos casos, el sujeto advierte la reducción de su movilidad, aunque no es capaz de cuantificarla con exactitud; lo único que sabe es que su ROM máxima o su flexibilidad están disminuyendo. Un profesional de la salud puede confirmar este dato mediante la aplicación de un examen físico breve, utilizando principalmente su visión y especialización clínica para juzgar si los grados de movilidad son normales o no. Aunque esta estrategia es práctica, la falta de un protocolo de evaluación formal con mediciones y criterios de evaluación establecidos implica unos resultados de fiabilidad y validez bajos, y la alteración del diagnóstico del establecimiento de una intervención apropiada, y del seguimiento a largo plazo de los resultados. Es en este sentido más amplio de la forma física relacionada con la salud en el que encaja la necesidad de medir y evaluar la flexibilidad.

# Capítulo 9

## Estudios con el flexitest

Los médicos y estudiantes interesados en la flexibilidad se van entusiasmando a medida que advierten el desplazamiento del centro de atención que se ha producido a lo largo de los últimos 20 años. Originalmente, la investigación se centró en la flexibilidad de los deportistas de competición; ahora es relevante para todos los individuos, desde niños hasta ancianos, desde los no entrenados hasta los muy entrenados, desde los sanos hasta los discapacitados físicos. El estudio de la flexibilidad brinda nuevas posibilidades y responsabilidades para todas las personas que aconsejan o supervisan la actividad física. Diferente de otras variables de la forma física relacionadas con la salud, como la fuerza muscular y la potencia aeróbica máxima, la flexibilidad no es una variable para la que los grandes valores son potencialmente beneficiosos. La idea no es hacer a la gente lo más flexible posible, sino identificar su nivel de flexibilidad actual, sus necesidades y ambiciones individuales y cómo colmarlas, y en particular, cómo guiar y evaluar el proceso. Si el incremento de condición aeróbica de un individuo en un 10% requiere muchas horas de ejercicio, son necesarios sólo unos pocos minutos de ejercicio dos o tres veces por semana para mejorar efectivamente la flexibilidad general de un 20 a un 50%.

En la parte I de este libro se le proporcionó la información más actual sobre la flexibilidad y revisamos y ampliamos sus conocimientos sobre los distintos tests de movilidad articular. En la parte II se presentó el método del flexitest, se explicaron las materias prácticas, y usted aprendió las distintas maneras de analizar los resultados, incluidos los percentiles del flexindex, la evaluación específica de los movimientos y las articulaciones, y los índices de variabilidad, una característica exclusiva del flexitest que diferencia este método de otros instrumentos de valoración de la flexibilidad. La parte III empieza con unas breves descripciones de 13 estudios de investigación que utilizaron el flexitest para responder a cuestiones

relevantes y prácticas. Además, presentamos un análisis crítico comparativo de los principales métodos de valoración de la movilidad articular –lineales, angulares y adimensionales– explicando los pros y los contras de cada tipo de aplicación.

Esta última sección del libro presenta ocho ejemplos de interpretación de los resultados del flexitest. Hemos seleccionado una variedad de casos reales de nuestra práctica profesional para presentarlos (ver tablas 9.1 a 9.8). Cada caso se presenta en cuatro partes:

1. Una breve y concisa descripción de la historia del sujeto y de la exploración médica.
2. Las puntuaciones y los índices proporcionados por el flexitest.
3. Un análisis descriptivo de los hallazgos.
4. Una interpretación clínica y deportiva de los resultados del flexitest, incluidas nuestras recomendaciones para el sujeto.

A partir de la presentación de estos casos, nuestra intención es detallar nuestra experiencia con el flexitest. Mediante el análisis de casos reales, se presentará la información práctica y relevante que la valoración de la flexibilidad con el flexitest ofrece –movimientos individuales, articulaciones, índices de variabilidad y el flexindex.

### Estudio 1

El estudio 1 es un tenista de 18 años de edad que pertenece a la Asociación de Profesionales del Tenis (ATP). Mide 173 cm de altura y pesa 61,5 kg. Lo hemos visto cuatro veces en los últimos siete años en nuestra Clínica de Medicina del Deporte y el Ejercicio. La última vez que lo reconocimos, estaba entrenando de cuatro a cinco horas al día, practicando tenis, aeróbic y entrenamiento de fuerza. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.1.

La puntuación del flexindex es de 48 puntos, que corresponde al percentil 83 para la edad y el sexo e indica una buena movilidad general, probablemente superior a la de la mayoría de los tenistas de su misma edad. Los índices de variabilidad apuntan a un patrón heterogéneo de movilidad corporal, con mayor flexibilidad para los movimientos proximales y de extensión. El análisis por articulación muestra una mayor flexibilidad en el tronco, el hombro y la cadera. Para los movimientos individuales hay una movilidad por encima de la media en los movimientos de tronco y en la aducción posterior del hombro, una ROM excepcional para la rotación lateral del hombro y una limitada rotación medial para el mismo hombro.

Estos resultados están de acuerdo con su estilo más progresivo de juego, con pocos cambios de la pelota desde el fondo de la pista y una preferencia de aproximación a la red para finalizar el punto.

En prácticamente todas las articulaciones y movimientos más relevantes para el tenis, muestra una ROM superior a la media, lo que facilita los movimientos cercanos a la red, boleas, remates y servicios. No muestra ninguna restricción en los valores de extensión de la muñeca, cosa bastante típica de los tenistas adultos, probablemente debido a la necesidad de sostener firmemente la raqueta para evitar la vibración. Recomendamos, sin embargo, que intente aumentar la movilidad de la dorsiflexión del tobillo y de la flexión y extensión de la cadera, lo cual haría más fácil alcanzar las pelotas cortas cercanas a la red y las bajas en general.

## Estudio 2

El estudio 2 es una jugadora de voleibol playa de 22 años de edad que pesa 63,5 kg y mide 175 cm de altura. Fue reconocida en la Clínica de

**Tabla 9.1 Estudio 1**

<b>Movimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
Puntuación del movimiento	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3
<b>Movimiento</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>XIII</b>	<b>XIV</b>	<b>XV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVII</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
Puntuación del movimiento	3	2	2	2	2	3	3	2	4	1
<b>Articulación</b>		<b>Puntuación estandarizada</b>								
Tobillo		40								
Rodilla		40								
Cadera		50								
Tronco		60								
Muñeca		40								
Codo		40								
Hombro		52								
<b>Índices de variabilidad</b>		<b>Resultado</b>								
IVIM		0,66								
IVIA		0,37								
IVFE		0,93								
IVES		0,96								
IVDP		0,78								
<b>Flexindex</b>		<b>Puntuación</b>				<b>Percentil</b>				
		48				83				

Medicina del Deporte y del Ejercicio justo antes de participar en los Juegos Olímpicos de Atlanta, Georgia, en los que su equipo ganó una medalla. Se encontraba en una excelente forma física cuando se realizó la evaluación y no tenía ningún impedimento médico en el sistema locomotor. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.2. Puntuó sólo 44 puntos en el flexindex, lo que corresponde a un percentil de 17, que refleja una movilidad general bastante baja. Los índices de variabilidad indican un perfil de flexibilidad homogéneo, con una variabilidad interarticular e intermovimiento baja. El análisis por articulación muestra una ROM más elevada en el tobillo, el tronco y el hombro. Únicamente cuatro movimientos recibieron puntuaciones de 3.

Estos resultados son un tanto sorprendentes para una medallista olímpica e indican que se puede alcanzar un rendimiento excelente en el voleibol playa con un nivel de flexibilidad menor que el promedio para la población de referencia.

Cuando se observa el estilo de juego de la jugadora, se puede ver que la condición aeróbica y la potencia muscular están ciertamente por encima de la media, sus habilidades técnicas son excelentes en todas las bases del voleibol y tiene un rendimiento extremadamente regular. No destaca en términos de defensas excepcionales, en las que se requieren unos niveles más elevados de flexibilidad. Una mayor movilidad del tobillo, tronco y hombro favorece su habilidad técnica, especialmente en el ataque y el bloqueo. La dorsiflexibilidad del tobillo, aproximadamente la media y por debajo de la media para su edad y sexo, es un hallazgo común en los jugadores de voleibol playa y puede relacionarse con una transferencia mecánica ventajosa para el salto cuando hay menos elasticidad en esta área. Se podría beneficiar si mejorara la flexibilidad, especialmente la de los movimientos de cadera y la aducción posterior del hombro, que son útiles para el voleibol.

**Tabla 9.2 Estudio 2**

Movimiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Puntuación del movimiento	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Movimiento	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Puntuación del movimiento	3	2	2	2	2	2	3	2	3	1
Articulación	Puntuación estandarizada									
Tobillo	50									
Rodilla	40									
Cadera	40									
Tronco	47									
Muñeca	40									
Codo	40									
Hombro	48									
Índices de variabilidad	Resultado									
IVIM	0,40									
IVIA	0,21									
IVFE	1,08									
IVES	0,96									
IVDP	0,96									
Flexindex	Puntuación					Percentil				
	44					17				

## Estudio 3

El estudio 3 es un chico de 26 años de edad, de 171 cm de altura y 70 kg de peso que practica ejercicios de fuerza muscular de alta intensidad. Muestra una condición típica de dimorfismo muscular, con un brazo totalmente contraído de 38,5 cm de perímetro, mientras que para la pierna es sólo de 35,4 cm. Niega el consumo de hormonas, pero confirma el uso de suplementos nutricionales. Llegó a nosotros por otro médico en busca de asesoramiento y consejo, porque sus resultados de laboratorio mostraban unos niveles de creatinafosfoquinasa muy superiores a los valores normales. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.3.

Puntuó 37 en el flexindex, que corresponde al percentil 17, una movilidad general bastante baja. Algunos de los índices de variabilidad muestran valores anormales, con un predominio de movilidad en las extremidades inferiores en los movimientos de extensión y proximales. El análisis por

articulación indica que la movilidad de la muñeca y el codo es bastante reducida. En términos de movimientos individuales, hay algo de hipomovilidad en la dorsiflexión del tobillo, la extensión del codo y la extensión posterior del hombro, y una restricción significativa de la extensión de la muñeca.

Estos resultados muestran un patrón de flexibilidad anormal con una hipomovilidad global discreta y distorsiones significativas en la flexibilidad de algunos movimientos y articulaciones, probablemente debido a un programa de fortalecimiento muscular desequilibrado e inadecuado. Recomendamos que revise inmediatamente su programa de entrenamiento y el uso de suplementos nutricionales y que introduzca ejercicios de estiramiento para corregir o disminuir los problemas hallados (incluida su posición cuando anda, con los codos semiflexionados). Esto debe hacerse inmediatamente, porque es difícil mejorar la movilidad de la muñeca y el codo cuando uno llega a la vejez.

**Tabla 9.3 Estudio 3**

<b>Movimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
Puntuación del movimiento	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2
<b>Movimiento</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>XIII</b>	<b>XIV</b>	<b>XV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVII</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
Puntuación del movimiento	2	2	0	2	1	2	2	1	2	2
<b>Articulación</b>		<b>Puntuación estandarizada</b>								
Tobillo		30								
Rodilla		40								
Cadera		50								
Tronco		40								
Muñeca		20								
Codo		30								
Hombro		36								
<b>Índices de variabilidad</b>		<b>Resultado</b>								
IVIM		0,65								
IVIA		0,40								
IVFE		1,44								
IVES		1,37								
IVDP		0,71								
<b>Flexindex</b>		<b>Puntuación</b>				<b>Percentil</b>				
		37				17				

## Estudio 4

El estudio 4 es un hombre de 41 años de edad con síndrome plurimetabólico (presión arterial alta, dislipidemia y obesidad) que pesa 120 kg y mide 182 cm de altura. Llegó a nosotros por su médico para ser admitido en nuestro programa de ejercicio supervisado. No tiene dolencias en relación con el sistema locomotor que pueda interferir en la medición de la flexibilidad. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.4.

Los resultados del flexindex muestran un patrón de hipomovilidad general correspondiente a un percentil de 20. Existe una alta variabilidad en la movilidad de las distintas articulaciones y el predominio de la flexibilidad en las extremidades superiores y los movimientos distales. Las articulaciones de la cadera y el tobillo muestran una movilidad limitada. Existe una limitación significativa restrictiva en la dorsiflexión del tobillo y en la aducción de la cadera, y un buen número de otros movimientos ha reducido su ROM. La

hipermovilidad relativa de la extensión de la rodilla es interesante porque podría provocar un estrés excesivo sobre la articulación mientras camina o baja escaleras, como causa de su sobrepeso.

Estos resultados muestran que la movilidad general y la específica están adversamente afectadas por el sobrepeso (grasa corporal y masa muscular), llevando a una persona relativamente joven a presentar un patrón de flexibilidad de una persona anciana. Es bastante frecuente en individuos con altos niveles de grasa corporal y de masa muscular presentar una dificultad significativa para realizar la aducción de la cadera. La reducida amplitud de la dorsiflexión del tobillo tiende a dificultar el andar, recuperar el equilibrio al tropezar, y levantarse de una cama o silla. El patrón central de obesidad dificulta demasiado la flexión del tronco. Recomendamos un programa de estiramientos junto con un amplio programa de ejercicio general y una dieta. Debe intentar reducir la hiperextensión de la rodilla mediante ejercicios de

**Tabla 9.4 Estudio 4**

Movimiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Puntuación del movimiento	0	2	2	3	1	1	0	1	1	2
Movimiento	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Puntuación del movimiento	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1
Articulación	Puntuación estandarizada									
Tobillo	20									
Rodilla	50									
Cadera	15									
Tronco	33									
Muñeca	40									
Codo	40									
Hombro	28									
Índices de variabilidad	Resultado									
IVIM	0,74									
IVIA	0,57									
IVFE	1,00									
IVES	0,75									
IVDP	1,69									
Flexindex	Puntuación					Percentil				
	30					20				

fortalecimiento muscular específico para minimizar la posibilidad de caídas o torsiones.

## Estudio 5

El estudio 5 es una mujer de 52 años de edad que pesa 67 kg y mide 169 cm de altura que padece prolapso de la válvula mitral y aqueja de palpitaciones relacionadas con el ejercicio. Vino a nosotros buscando consejo sobre actividad física y afirmando que había sido muy activa hasta hacía dos años, cuando disminuyó la intensidad de su ejercicio físico regular. Nos dice que padece dolor en las rodillas cuando sube escaleras. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.5.

Tiene una puntuación de flexindex de 54 puntos y muestra una hipermovilidad considerable para su grupo de edad, con puntuaciones por encima del P<sub>99</sub>. Los patrones de variabilidad de la movilidad son normales. Algunas articulaciones tienen una hipermovilidad más marcada, especial-

mente el tobillo y el codo. Las puntuaciones para todos los movimientos van de 2 a 4, sin signos de hipomovilidad localizada.

Estos resultados muestran una condición de hipermovilidad general, que está frecuentemente asociada con el prolapso de la válvula mitral. En estos casos, hay una tendencia a los movimientos primariamente limitados por los ligamentos para ser más flexibles. Sin embargo, esto no se ve en los sujetos mayores de 40 ó 50 años de edad. Su excepcional movilidad en la flexión del tronco se debe probablemente al entrenamiento de la flexibilidad en los años previos y a una resistencia muy pequeña del tejido conectivo al estiramiento, bastante frecuente en personas con prolapso de la válvula mitral. La puntuación de 4 en el movimiento XIV es bastante inusual en esta edad, y quizás esta movilidad debería ser reducida con ejercicios de fortalecimiento muscular específicos. Se sugiere que los niveles actuales de flexibilidad se mantengan, sin participar en ninguna clase de estiramientos.

**Tabla 9.5 Estudio 5**

<b>Movimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
Puntuación del movimiento	4	3	3	2	3	2	3	2	4	2
<b>Movimiento</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>XIII</b>	<b>XIV</b>	<b>XV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVII</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
Puntuación del movimiento	3	2	2	4	3	3	2	2	3	2
<b>Articulación</b>		<b>Puntuación estandarizada</b>								
Tobillo		70								
Rodilla		50								
Cadera		50								
Tronco		60								
Muñeca		40								
Codo		70								
Hombro		48								
<b>Índices de variabilidad</b>		<b>Resultado</b>								
IVIM		0,71								
IVIA		0,53								
IVFE		1,27								
IVES		1,08								
IVDP		1,18								
<b>Flexindex</b>		<b>Puntuación</b>				<b>Percentil</b>				
		54				99				

## Estudio 6

El estudio 6 es un hombre de 61 años de edad que mide 177 cm de altura y pesa 96 kg que vino a que le recomendáramos un programa de ejercicio físico individual. Su perfil médico sugiere síndrome plurimetabólico. A pesar de que fue muy activo durante su infancia y adolescencia, ha ido reduciendo sustancialmente su práctica de ejercicio físico a lo largo de su vida adulta. No tiene síntomas locomotores y ha empezado a salir a caminar para hacer ejercicio hace unos pocos meses. Los datos del flexitest se muestran en la tabla 9.6.

El valor del flexindex es algo más bajo que lo esperado para su edad y sexo, que corresponde al P<sub>35</sub>. Los índices de variabilidad son normales, excepto para un aumento del índice de variabilidad distal-proximal. En las articulaciones hay una hipomovilidad más elevada en la cadera, el tronco

y el hombro en comparación con otros hombres. Hay una hipomovilidad significativa en la extensión del tronco y una hipomovilidad relativa en todos los movimientos del hombro. Por otro lado, la movilidad en los tobillos y las rodillas se mantiene.

Estos resultados reflejan un patrón de flexibilidad relativamente frecuente en hombres de mediana edad que han sido activos y que ahora únicamente caminan y no realizan ningún ejercicio específico de estiramientos que no sean unas pocas repeticiones de los clásicos movimientos de pantorrilla y muslo antes y después de caminar. Su sobrepeso compromete parcialmente la movilidad de algunos movimientos, incluida la aducción de la cadera. Nuestra recomendación es que se centre más en ejercicios de estiramiento, particularmente los movimientos de extensión del tronco y el hombro.

**Tabla 9.6 Estudio 6**

Movimiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Puntuación del movimiento	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Movimiento	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Puntuación del movimiento	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1
Articulación	Puntuación estandarizada									
Tobillo	40									
Rodilla	40									
Cadera	25									
Tronco	13									
Muñeca	30									
Codo	40									
Hombro	20									
Índices de variabilidad	Resultado									
IVIM	0,57									
IVIA	0,50									
IVFE	1,00									
IVES	1,22									
IVDP	1,69									
Flexindex	Puntuación					Percentil				
	27					35				

## Estudio 7

El estudio 7 es un hombre de 74 años de edad con una enfermedad cardíaca grave que mide 167 cm de altura y pesa 78 kg. Se dirigió a nuestra clínica para un reconocimiento y para asistir a un programa de ejercicio supervisado. Sufre una grave osteoartritis en la rodilla, lo que le impide parcialmente caminar. Es casi físicamente inactivo, excepto algunos ejercicios diarios con pesos libres. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.7.

Los resultados del flexindex reflejan una hipomovilidad extrema con una puntuación de 9 sobre 80 puntos posibles, que corresponde a un percentil de 2 para la edad y el sexo. Los índices de variabilidad muestran un patrón de movilidad heterogéneo con un alto predominio de los movimientos distales, una reducción de la variabilidad entre los distintos movimientos y también un predominio de la movilidad en la extremidad superior y en la

extensión preferiblemente a la flexión. Las articulaciones de la rodilla, cadera y hombro muestran una movilidad extremadamente reducida. Las puntuaciones fueron de 0 ó 1 para todos los movimientos.

Estos resultados reflejan un patrón de intensa hipomovilidad en una persona anciana con una enfermedad cardíaca avanzada, que es prácticamente físicamente inactiva y tiene también problemas en el sistema locomotor. A pesar de que es comprensible que su osteoartritis haya causado la mayoría de las limitaciones de los movimientos de rodilla, no ocurre lo mismo con los hombros y las caderas, cuya limitada movilidad se debe principalmente a la falta de uso. Recomendamos la incorporación de un programa de entrenamiento de estiramientos que incluya ejecuciones activas y pasivas hacia la ROM máxima, centrándose en los movimientos de tobillo, rodilla y hombro y la flexión de tronco como parte importante de su programa de ejercicio supervisado.

**Tabla 9.7 Estudio 7**

<b>Movimiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
Puntuación del movimiento	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>Movimiento</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>XIII</b>	<b>XIV</b>	<b>XV</b>	<b>XVI</b>	<b>XVII</b>	<b>XVIII</b>	<b>XIX</b>	<b>XX</b>
Puntuación del movimiento	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<b>Articulación</b>		<b>Puntuación estandarizada</b>								
Tobillo		10								
Rodilla		0								
Cadera		5								
Tronco		13								
Muñeca		20								
Codo		20								
Hombro		4								
<b>Índices de variabilidad</b>		<b>Resultado</b>								
IVIM		0,50								
IVIA		0,36								
IVFE		1,33								
IVES		0,45								
IVDP		2,81								
<b>Flexindex</b>		<b>Puntuación</b>				<b>Percentil</b>				
		9				2				

## Estudio 8

El estudio 8 es una niña de 12 años que mide 161 cm de altura y pesa 43 kg (índice de masa corporal de 16,6 kg/m<sup>2</sup>). Tiene broncoespasmo inducido por el ejercicio y nos fue enviada para valoración y consejo sobre deportes no competitivos. Está todavía en un estadio prepuberal (Tanner 2 a 3), y la auscultación cardíaca indica prolapso de la válvula mitral. Ha asistido a clases de ballet y jazz regularmente durante algunos años y no presenta molestias del sistema locomotor. Los datos del flexitest se presentan en la tabla 9.8. Los resultados del flexindex de 71 puntos reflejan una condición clínica de hipermovilidad, sin referencia de edad o sexo. Además, su percentil para la población de referencia está por encima de 99. Los índices de variabilidad muestran que su patrón de movilidad es excesivamente uniforme para los movimientos y para las distintas articulaciones. Prácticamente

todas las articulaciones tienen valores de hipermovilidad, excepto la muñeca. Todas las puntuaciones individuales fueron de 3 ó 4, lo que indica que no hay ninguna restricción, incluso parcial, de ningún movimiento.

Estos resultados del flexindex y del índice de variabilidad se asocian a un diagnóstico clínico de hipermovilidad benigna. El resultado de la danza es favorecido por la hipermovilidad, particularmente en el ballet clásico. Si no está realmente interesada en un rendimiento excelente, se le recomienda un programa de ejercicio de fortalecimiento muscular, cuidadosamente prescrito e implementado gradualmente, para prevenir los arcos de movimiento exagerados y la temprana degeneración articular. Otra alternativa es esperar al crecimiento que acontece en la pubertad y en los años siguientes, cuando hay una tendencia natural a que los niveles de hipermovilidad se reduzcan.

**Tabla 9.8 Estudio 8**

Movimiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Puntuación del movimiento	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4
Movimiento	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Puntuación del movimiento	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4
Articulación	Puntuación estandarizada									
Tobillo	70									
Rodilla	70									
Cadera	70									
Tronco	73									
Muñeca	60									
Codo	70									
Hombro	76									
Índices de variabilidad	Resultado									
IVIM	0.50									
IVIA	0.23									
IVFE	0.95									
IVES	0.98									
IVDP	0.92									
Flexindex	Puntuación					Percentil				
	71					99				



# BIBLIOGRAFÍA

- Abramson D, Roberts SM, Wilson PD. Relaxation of pelvic joints in pregnancy. *Surg Gynecol Obst* 1934;58:595-613.
- Acasuso-Diaz M, Collantes-Estevez E. Joint hypermobility in patients with fibromyalgia syndrome. *Arthritis Care Res* 1998;11(1):39-42.
- Acasuso-Diaz M, Collantes-Estevez E, Sanchez-Guijo P. Joint hyperlaxity and musculoligamentous lesions: Study of a population of homogeneous age, sex, and physical exertion. *Br J Rheumatol* 1993;32(2):120-2.
- Adrian M. Cinematographic, electromyographic, and electrogoniometric techniques for analyzing human movements. *Exerc Sports Sci Rev* 1973;1:339-63.
- Albee FH, Gilliland AR. Metrotherapy, or the measure of voluntary movement: Its value in surgical reconstruction. *JAMA* 1920;75:983-6.
- Alexander RE, Battye CK, Goodwill CJ, Wash JB. The ankle and subtalar joints. *Clin Rheum Dis* 1982;8:703-12.
- Allander E, Bjornsson OJ, Olafsson O, et al. Normal range of joint movements in shoulder, hip, wrist and thumb with special reference to side: Comparison between two populations. *Int J Epidemiol* 1974;3:253-61.
- Alquier M. Un goniometre précis. *Rev Neurologique* 1916;23:515-6.
- Alter MJ. *Science of flexibility*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition, 1996.
- Alter MJ. *Sport stretch*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition, 1998.
- American Academy of Pediatrics Committee on Sports Medicine. Atlantoaxial instability in Down syndrome. *Pediatrics* 1984;74:152-4.
- American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. *Physical best*. Reston, VA: AAHPERD, 1988.
- American Association of Orthopaedics Surgeons. *Joint motion: Method of measuring and recording*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1965.
- American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardio-respiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998a;30:975-91.
- American College of Sports Medicine. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998b;30(6):992-1008.
- American College of Sports Medicine. *Guidelines for exercise testing and training*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 6th edition, 2000.
- Anderson JAD, Sweetman BJ. A combined flexirule/hydrogoniometer for measurement of lumbar spine and its sagittal movement. *Rheumatol Rehabil* 1975;14:173-9.
- Araújo CGS. Avaliação e treinamento da flexibilidade. In: Ghorayeb N, Barros Neto TL, editors. *O Exercício*. São Paulo: Atheneu, 1999a, p. 25-34.
- Araújo CGS. Body flexibility profile and clustering among male and female elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999b;31(Suppl 5):S115 (abstract).
- Araújo CGS. Correlação entre diferentes métodos lineares e adimensionais de avaliação da mobilidade articular. *Rev Bras Ciên Mov* 2000;8(2):25-32.
- Araújo CGS. Existe correlação entre flexibilidade e somatotipo? Uma nova metodologia para um problema antigo. *Medicina do Esporte* 1983;7(3-4):7-24.
- Araújo CGS. Flexitest: An office method for evaluation of flexibility. *Sports & Medicine Today* 2001;1(2):34-7.
- Araújo CGS. Flexitest: Proposição de cinco índices de variabilidade da mobilidade articular. *Rev Bras Med Esporte* 2002;8(1):13-9.
- Araújo CGS. Flexiteste: Uma nova versão dos mapas de avaliação. *Kinesis* 1986;2(2):251-267.
- Araújo CGS. *Medida e avaliação da flexibilidade: Da teoria à prática*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biofísica. Doctoral dissertation, 1987, 440 p.
- Araújo CGS. Teste de sentar-levantar: Apresentação preliminar de um procedimento para avaliação em Medicina do Exercício e do Esporte. *Rev Bras Med Esporte* 1999c;5(5):179-82.
- Araújo CGS, Haddad PCS. Efeitos do aquecimento ativo sobre a flexibilidade passiva. *Comunidade Esportiva* 1985;35:12-7.
- Araújo CGS, Perez AJ. Características da flexibilidade em pré-escolares e escolares dos dois sexos. *Boletim da Federação Internacional de Educação Física* 1985;55(2):20-31.

- Araújo CGS, Oliveira JA, Almeida MB. É válido utilizar versões condensadas do Flexiteste? *Rev Bras Ciên Mov* 2002;10(Suppl) (abstract) (in press).
- Araújo CGS, Pereira MIR, Farinatti PTV. Body flexibility profile from childhood to seniority: Data from 1874 male and female subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(Suppl 5):S115 (abstract).
- Araújo DSMS, Araújo CGS. Auto-percepção das variáveis da aptidão física. *Rev Bras Med Esporte* 2002;8(2):37-49.
- Arkkila PE, Kantola IM, Viikari JS. Limited joint mobility in non-insulin-dependent diabetic (NIDDM) patients: Correlation to control of diabetes, atherosclerotic vascular disease, and other diabetic complications. *J Diabetes Complications* 1997;11(4):208-17.
- Armstrong AD, MacDermid JC, Chinchalkar S, Stevens RS, King GJ. Reliability of range-of-motion measurement in the elbow and forearm. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7(6):573-80.
- Askling C, Lund H, Saartok T, Thorstensson A. Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scand J Med Sci Sports* 2002;12(4):230-5.
- Atha J, Wheatley DW. The mobilising effects of repeated measurement on hip flexion. *Br J Sports Med* 1976;10:22-5.
- Bach DK, Green DS, Jensen GM, Savinar E. A comparison of muscular tightness in runners and nonrunners and the relation of muscular tightness to low back pain in runners. *J Orthop Sport Phys Ther* 1985;6:315-23.
- Badley EM, Wood PHN. The why and wherefore of measuring joint movement. *Clin Rheum Dis* 1982;8: 533-44.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstrings muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:295-300.
- Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1994;74:845-50.
- Barlow J, Benjamin B, Birt P, Hughes C. Shoulder strength and range-of-motion characteristics in bodybuilding. *J Strength Cond Res* 2002;16(3):367-72.
- Barnett CH, Cobbold AF. Muscle tension and joint mobility. *Ann Rheum Dis* 1969;28:652-4.
- Barrett CJ, Smerdely P. A comparison of community-based resistance exercise and flexibility exercise for seniors. *Aust J Physiother* 2002;48(3):215-9.
- Baughman FA, Higgins JV, Wadswioeth TG, Demary MJ. The carrying angle in sex chromosome anomalies. *JAMA* 1974;230:718-20.
- Beals RK. The normal carrying angle of the elbow: A radiographic study of 422 patients. *Clin Orthop* 1976;119:194-6.
- Beighton P, Hóran F. Orthopaedic aspects of the Ehlers-Danlos syndrome. *J Bone Joint Surg* 1969;51B: 444-53.
- Beighton P, Hóran F. Dominant inheritance in familial generalised articular hypermobility. *J Bone Joint Surg* 1970;52B:145-59.
- Beighton P, Solomon L, Soskolne CL. Articular mobility in an African population. *Ann Rheum Dis* 1973;32:413-8.
- Bell BD, Hoshizaki TB. Relationships of age and sex with range of motion of seventeen joint actions in humans. *Can J Appl Sport Sci* 1981;6(4):202-6.
- Benedetti A, Noacco C, Macor S, Pittaro I. Joint lesions in diabetes. *N Engl J Med* 1975;292:1033.
- Benedetti A, Noacco C. Juvenile diabetic chiroarthropathy. *Acta Diabet Lat* 1976;13:54-67.
- Bennell KL, Khan KM, Mathews BL, Singleton C. Changes in hip and ankle range of motion and hip muscle strength in 8-11 year old novice female ballet dancers and controls: a 12 month follow up study. *Br J Sports Med* 2001;35(1):54-9.
- Bird HA, Brodie DA, Wright V. Quantification of joint laxity. *Rheumatol Rehabil* 1979;18:161-6.
- Bird HA, Stowe J. The wrist. *Clin Rheum Dis* 1982;8: 559-70.
- Bird HA, Tribe CR, Bacon PA. Joint hypermobility leading to osteoarthritis and chondrocalcinosis. *Ann Rheum Dis* 1978;37:203-11.
- Biro F, Gewanter HL, Baum J. The hypermobility syndrome. *Pediatrics* 1983;72:701-6.
- Birrell FN, Adebajo AO, Hazleman BL, Silman AJ. High prevalence of joint laxity in West Africans. *Br J Rheumatol* 1994;33(1):56-9.
- Bohannon RW, Cajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther* 1985;65:1501-4.
- Bonci CM, Hensal FJ, Tiorg JS. A preliminary study on the measurement of static and dynamic flexibility at the glenohumeral joint. *Am J Sports Med* 1986;14(1):12-7.
- Boone DC, Azen SP, Lin CM, Spence C, Barion C, Lee L. Reliability of goniometric measurements. *Phys Ther* 1978;58:1355-60.
- Boone DC, Azen SP. Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg* 1979;61A: 756-9.

- Borms J, Van Roy P. Flexibility. In: Eston R, Reilly T, editors. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. London: E & FN Spon, 1996, p. 115-44.
- Bosco JS, Gustafson WF. *Measurement and evaluation in physical education, fitness and sports*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1983, p. 106-11.
- Bouchard C, Shephard R, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD. Exercise, fitness, and health: The Consensus statement. In: Bouchard C, Shephard R, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD, editors. *Exercise, fitness, and health: A consensus of current knowledge*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1990, p. 3-28.
- Bower KD. The hydrogoniometer and assessment of glenohumeral joint motion. *Aust J Physiother* 1982;28:12-7.
- Brach JS, VanSwearingen JM. Physical impairment and disability: relationship to performance of activities of daily living in community-dwelling older men. *Phys Ther* 2002;82:752-61.
- Bressel E, McNair PJ. The effect of prolonged static and cyclic stretching on ankle joint stiffness, torque relaxation, and gait in people with stroke. *Phys Ther* 2002;82:880-7.
- Bridges AJ, Smith E, Reid J. Joint hypermobility in adults referred to rheumatology clinics. *Ann Rheum Dis* 1992;51(6):793-6.
- Brinkmann JR, Perry JV. Rate and range of knee motion during ambulation in healthy and arthritic subjects. *Phys Ther* 1985;65:1055-60.
- Brodie DA, Bird HA, Wright V. Joint laxity in selected athletic populations. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:190-3.
- Broer MR, Galles NR. Importance of relationship between various body measurements in performance of the toe-touch test. *Res Quart* 1958;29:253-62.
- Brown DA, Miller WC. Normative data for strength and flexibility of women throughout life. *Eur J Appl Physiol* 1998;78(1):77-82.
- Buck CA, Damerion FB, Dow MJ, Skowlund HV. Study of normal range of motion in the neck utilizing a bubble goniometer. *Arch Phys Med Rehabil* 1959;40:390-2.
- Buckwalter JA. Maintaining and restoring mobility in middle and old age: the importance of the soft tissues. *Instr Course Lect* 1997;46:459-69.
- Bulbena A, Duro JC, Porta M, Martin-Santos R, Mateo A, Molina L, et al. Anxiety disorders in the joint hypermobility syndrome. *Psychiatry Res* 1993;46(1):59-68.
- Burke DG, Culligan CJ, Holt LE. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Strength Cond Res* 2000;14(4):496-500.
- Burley LR, Dobell HC, Farrell BJ. Relations of power, speed, flexibility, and certain anthropometric measures of high school girls. *Res Quart* 1961;32:443-8.
- Calguneri M, Bird HA, Wright V. Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Ann Rheum Dis* 1982;41:126-8.
- Campbell RR, Hawkins SJ, Maddison PJ, Reckless JPD. Limited joint mobility in diabetes mellitus. *Ann Rheum Dis* 1985;44:93-7.
- Cantrell EF, Fisher T. The small joints of the hands. *Clin Rheum Dis* 1982;8:545-58.
- Carter C, Sweetnam R. Familial joint laxity and recurrent dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg* 1958;40B:664-7.
- Carter C, Sweetnam R. Recurrent dislocation of the patella and of the shoulder: Their association with familial joint laxity. *J Bone Joint Surg* 1960;42B:721-7.
- Carter C, Wilkinson J. Persistent joint laxity and congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg* 1964;46B:40-5.
- Carter JEL. The somatotype of athletes: A review. *Hum Biol* 1970;42:535-69.
- Carvalho ACG, Paula KC, Azevedo TMC, Nóbrega ACL. Relação entre flexibilidade e força muscular em adultos jovens de ambos os sexos. *Rev Bras Med Esporte* 1998;4(1):2-8.
- Chandler TJ, Kibler WB, Uhl TL, Wooten B, Kiser A, Stone E. Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *Am J Sports Med* 1990;8(2):134-6.
- Chang DE, Buschbacher LP, Edlich RF. Limited joint mobility in power lifters. *Am J Sports Med* 1988;16(3):280-4.
- Chaves CPG, Araújo DSMS, Araújo CGS. Kinanthropometrical and clinical characteristics in adult women with mitral valve prolapse. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(Suppl 5):S75 (abstract).
- Chaves CPG, Simão RF Jr, Araújo CGS. Ausência da variação da flexibilidade durante o ciclo menstrual em universitárias. *Rev Bras Med Esporte* 2002;8(6):212-8.
- Chinn CJ, Priest JD, Kent BE. Upper extremity range of motion, grip strength, and girth in highly skilled tennis players. *Phys Ther* 1974;54:474-82.
- Chung PK, Yuen CK. Criterion-related validity of sit-and-reach tests in university men in Hong Kong. *Percept Mot Skills* 1999;88:304-16.

- Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2001;15(3):332-6.
- Clarke HH. Joint and body range of movement. *Physical Fitness Research Digest* 1975;5(4):1-21.
- Clarkson HM. *Musculoskeletal assessment: Joint range of motion and manual strength*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
- Clayson SJ, Newman IM, Debevec DF, Anger RW, Skowlund HV, Kottke FJ. Evaluation of mobility of hip and lumbar vertebrae of normal young women. *Arch Phys Med Rehabil* 1962;43:1-8.
- Clayson SJ, Mundale MO, Kottke FJ. Goniometer adaptation for measuring hip extension. *Arch Phys Med Rehabil* 1966;47:255-61.
- Coelho CW, Araújo CGS. Relação entre aumento da flexibilidade e facilitações na execução de ações cotidianas em adultos participantes de programa de exercício supervisionado. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano* 2000;2(1):31-41.
- Coelho CW, Velloso CR, Brasil RRLO, Vaisman M, Araújo CGS. Muscle power increases after resistance training in growth-hormone deficient adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(10):1577-81.
- Cohen JL, Austin SM, Segal KR, Millman AE, Kim CS. Echocardiographic mitral valve prolapse in ballet dancers: a function of leanness. *Am Heart J* 1987;113(2 Pt 1):341-4.
- Cole TM. Goniometry. In: Kottke FJ, Stillwell GK, Lehmann JF, editors. *Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders, 3rd edition, 1982 p. 19-33.
- Conwell HE. Flexo-extensometer. *Surg Gynecol Obst* 1925;40:710-1.
- Coon V, Donato G, Houser C, Bleck EE. Normal ranges of hip motion in infants six weeks, three months and six months of age. *Clin Orthop* 1975;110:256-60.
- Cooper Institute for Aerobic Research. *Fitnessgram: Test administration manual*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition, 1999.
- Corbin CB, Noble L. Flexibility: A major component of physical fitness. *Journal of Physical Education and Recreation* 1980;51(Jun):23-4, 57-60.
- Corbin CB. Flexibility. *Clin Sports Med* 1984;3:101-17.
- Cornbleet SL, Woolsey NB. Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther* 1996;76(8):850-5.
- Cornwell A, Nelson AG, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 2002;86(5):428-34.
- Craib MW, Mitchell VA, Fields KB, Cooper TR, Hopewell R, Morgan DW. The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(6):737-43.
- Cranney A, Goldstein R, Pham B, Newkirk MM, Karsh J. A measure of limited joint motion and deformity correlates with HLA-DRB1 and DQB1 alleles in patients with rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 1999;58(11):703-8.
- Cureton TK. Flexibility as an aspect of physical fitness. *Res Quart* 1941;12:381-90.
- Danis CG, Mielenz TJ. Reliability of measuring active mandibular excursion using a new tool: The mandibular excursiometer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;25(3):213-9.
- Darcus HD, Salter N. The amplitude of pronation and supination with the elbow flexed to a right angle. *J Anat* 1953;87:169-84.
- Decoster LC, Vailas JC, Lindsay RH, Williams GR. Prevalence and features of joint hypermobility among adolescent athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1997;151(10):989-92.
- De Deyne PG. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. *Phys Ther* 2001;81:819-27.
- De Felice C, Di Maggio G, Toti P, Parrini S, Salzano A, Lagrasta UE, Bagnoli F. Infantile hypertrophic pyloric stenosis and asymptomatic joint hypermobility. *J Pediatr* 2001;138(4):596-8.
- De Inocencio J. Musculoskeletal pain in primary pediatric care: Analysis of 1000 consecutive general pediatric clinic visits. *Pediatrics* 1998;102(6):E63.
- Denko CW, Boja B. Growth hormone, insulin, and insulin-like growth factor-1 in hypermobility syndrome. *J Rheumatol* 2001;28(7):1666-9.
- Dequeker J. Benign familial hypermobility syndrome and Trendelenburg sign in a painting "The Three Graces" by Peter Paul Rubens (1577-1640). *Ann Rheum Dis* 2001;60(9):894-5.
- De Vries HA. *Physiology of exercise: For physical education and athletics*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1974. p. 431-44.
- Dickinson RV. The specificity of flexibility. *Res Quart* 1968;39:792-4.
- Dockerty D, Bell RD. The relationship between flexibility and linearity measures in boys and girls

- 6-15 years of age. *J Hum Movem Studies* 1985;11:279-88.
- Dorinson SM, Wagner ML. An exact technic for clinically measuring and recording joint motion. *Arch Phys Med Rehabil* 1948;39:468-75.
- Dumas GA, Reid JG. Laxity of knee cruciate ligaments during pregnancy. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26(1):2-6.
- Dungy CI, Leupp M. Congenital hyperextension of the knees in twins. *Clin Pediatr* 1984;23:169-72.
- Dunham WF. Ankylosing spondylitis: Measurement of hip and spine movements. *Br J Phys Med* 1949;12:126-89.
- Duró JC, Vega E. Prevalence of articular hypermobility in schoolchildren: A one-district study in Barcelona. *Rheumatology* 2000;39:1153.
- Duvall EN. Tests and measurements in physical medicine. *Arch Phys Med* 1948;389(4):202-5.
- Einkauf DK, Gohdes ML, Jensen GM, Jewel MJ. Changes in spinal mobility with increasing age in women. *Phys Ther* 1987;67(3):370-5.
- El-Garf AK, Mahmoud GA, Mahgoub EH. Hypermobility among Egyptian children: Prevalence and features. *J Rheumatol* 1998;25(5):1003-5.
- Ellenbecker TS, Roetert EP, Piorkowski PA, Schulz DA. Glenohumeral joint internal and external rotation range of motion in elite junior tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;24(6):336-41.
- Ellis MI, Burton KE, Wright V. A simple goniometer for measuring hip function. *Rheumatol Rehabil* 1979;18:85-90.
- Ellis MI, Stowe J. The hip. *Clin Rheum Dis* 1982;8:655-76.
- Ellison JB, Rose SJ, Sahrman SA. Patterns of hip rotation range of motion: A comparison between healthy subjects and patients with low back pain. *Phys Ther* 1990;70(9):537-41.
- Elward JF. Motion in the vertebral column. *Am J Roentgenol* 1939;42:91-9.
- Escalante A, Lichtenstein MJ, Dhanda R, Cornell JE, Hazuda HP. Determinants of hip and knee flexion range: Results from the San Antonio Longitudinal Study of Aging. *Arthritis Care Res* 1999;12(1):8-18.
- Escalante A, Lichtenstein MJ, Hazuda HP. Determinants of shoulder and elbow flexion range: Results from the San Antonio Longitudinal Study of Aging. *Arthritis Care Res* 1999;12(4):277-86.
- Escalante A, Lichtenstein MJ, Hazuda HP. Walking velocity in aged persons: Its association with lower extremity joint range of motion. *Arthritis Rheum* 2001;45(3):287-94.
- Etnyre BR, Abraham LD. Antagonist muscle activity during stretching: a paradox re-assessed. *Med Sci Sports Med* 1988;20(3):285-9.
- Ewald HL, Rosenberg R, Mors NP. Panic anxiety, joint hypermobility and chromosome 15q changes. *Ugeskr Laeger* 2001 Nov 5;163(45):6291.
- Fahey TD, Insel PM, Roth WT. *Fit & well: Core concepts and labs in physical education and wellness*. Mountain View, CA: Mayfield, 3rd edition, 1999.
- Farinatti PTV, Soares PPS, Vanfraechem JHP. Influence de deux mois d'activités physiques sur la souplesse de femmes de 61 à 83 ans à partir d'un programme de promotion de la santé. *Sport* 1995;4:36-45.
- Farinatti PTV, Araújo CGS, Vanfraechem JHP. Influence of passive flexibility on the ease for swimming learning in pre-pubescent and pubescent children. *Science et Motricité* 1997;31:16-20.
- Farinatti PTV, Nóbrega ACL, Araújo CGS. Perfil da flexibilidade em crianças de 5 a 15 anos de idade. *Horizonte [Lisboa]* 1998;14(82):23-31.
- Fatouros IG, Taxildaris K, Tokmakidis SP, Kalapotharakos V, Aggelousis N, Athanasopoulos S, et al. The effects of strength training, cardiovascular training and their combination on flexibility of inactive older adults. *Int J Sports Med* 2002;23(2):112-9.
- Feinstein AR. Multi-item "instruments" versus Virginia Apgar's principles of Clinimetrics. *Arch Intern Med* 1999;159:125-8.
- Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, Fellingham GW, Measom GW. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther* 2001;81:1100-17.
- Feldman DE, Shrier I, Rossingnol M, Abenhaim L. Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol* 2001;154:30-6.
- Ferlic D. The range of motion of the normal cervical spine. *Johns Hopkins Hosp Bull* 1962;110:59-65.
- Fieldman H. Effects of selected extensibility exercises on the flexibility of the hip joint. *Res Quart* 1966;37:326-31.
- Finley FR, Karpovich PV. Electrogoniometric analysis of normal and pathological gaits. *Res Quart* 1964;35:379-84.
- Finsterbush A, Pogrund H. The hypermobility syndrome: Musculoskeletal complaints in 100 consecutive cases of generalized joint hypermobility. *Clin Orthop* 1982;168:124-7.
- Fisk GH. Some observations of motion at the shoulder joint. *Can Med Assoc J* 1944;50:213-6.

- Fitzcharles MA, Duby S, Waddell RW, Banks E, Karsh J. Limitation of joint mobility (cheiroarthropathy) in adult non-insulin-dependent diabetic patients. *Ann Rheum Dis* 1984;43:251-7.
- Fitzgerald GA, Grealley JE, Drury MI. The syndrome of diabetes insipidus, diabetes mellitus and optic atrophy (DIDMOA) with diabetic cheiroarthropathy. *Postgrad Med J* 1978;54:815-7.
- Fitzgerald GK, Wynvenn KJ, Rheault W, Rothschild B. Objective assessment with establishment of normal values for lumbar spinal range of motion. *Phys Ther* 1983;63:1776-81.
- Fleckenstein SJ, Kirby RL, MacLeod DA. Effect of limited knee-flexion range on peak hip moments of force while transferring from sitting to standing. *J Biomech* 1988;21(11):915-8.
- Fletcher GF, Balady G, Blair SN, Blumenthal J, Caspersen C, Chaitman B, et al. Statement on exercise: Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans: A statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 1996;94:857-62.
- Forleo LH, Hilario MO, Peixoto AL, Naspitz C, Goldenberg J. Articular hypermobility in school children in São Paulo, Brazil. *J Rheumatol* 1993;20:916-7.
- Fortier MD, Katzmarzyk PT, Malina RM, Bouchard C. Seven-year stability of physical activity and musculoskeletal fitness in the Canadian population. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1905-11.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol* 2000;89:1179-88.
- Fowles JR, MacDougall JD, Tamopolsky MA, Sale DG, Roy BD, Yarasheski KE. The effects of acute passive stretch on muscle protein synthesis in humans. *Can J Appl Physiol* 2000;25(3):165-80.
- Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, Maehlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7(5):279-82.
- Frost M, Stuckey LA, Dorman G. Reliability of measuring trunk motions in centimeters. *Phys Ther* 1982;62:1431-7.
- Gajdosik RL, Lusin G. Hamstring muscle tightness: Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther* 1983;63:1085-8.
- Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther* 1985;65:1478-82.
- Gedalia A, Person DA, Brewer EJ, Giannini EH. Hypermobility of the joints in juvenile episodic arthritis/arthritis. *J Pediatr* 1985;107:873-6.
- Gedalia A, Press J, Klein M, Buskila D. Joint hypermobility and fibromyalgia in schoolchildren. *Ann Rheum Dis* 1993;52(7):494-6.
- Gersten JW, Ager C, Anderson K, Cenkovich F. Relation of muscle strength and range of motion to activities of daily living. *Arch Phys Med Rehabil* 1970;51:137-42.
- Gilbert CB, Gross MT, Klug KB. Relationship between hip external rotation and turnout angle for the five classical ballet positions. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(5):339-47.
- Gilliland AR. Norms for amplitude of voluntary movement (letter). *JAMA* 1921;77:1357.
- Glanville AD, Kreezer G. The maximum amplitude and velocity of joint movements in normal male human adults. *Human Biol* 1937;9:197-211.
- Gleim GW, Stachenfeld NS, Nicholas JA. The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *J Orthop Res* 1980;8(6):814-23.
- Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Med* 1997;24(5):289-99.
- Gogia PP, Braatz JH, Rose SJ, Norton BJ. Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. *Phys Ther* 1987;67(2):192-5.
- Goldberg B, Saraniti A, Witman P, Gavin M, Nicholas JA. Pre-participation sports assessment: An objective evaluation. *Pediatrics* 1980;736-45.
- Goldman JA. Fibromyalgia and hypermobility. *J Rheumatol* 2001;28(4):920-1.
- Grahame R. Joint hypermobility: Clinical aspects. *Proc Roy Soc Med* 1971;64:692-4.
- Grahame R, Jenkins JM. Joint hypermobility: Asset or liability? A study of joint mobility in ballet dancers. *Ann Rheum Dis* 1972;31:109-11.
- Grahame R, Edwards JC, Pitcher D, Gabell A, Harvey W. A clinical and echocardiographic study of patients with the hypermobility syndrome. *Ann Rheum Dis* 1981;40:541-6.
- Grahame R, Pyeritz RE. The Marfan syndrome: joint and skin manifestations are prevalent and correlated. *Br J Rheumatol* 1995;34(2):126-31.
- Grahame R. Joint hypermobility and genetic collagen disorders: Are they related? *Arch Dis Child* 1999;80:188-91.
- Grahame R. Heritable disorders of connective tissue. *Baillieres Best Pract Res Clin Rheumatol* 2000a;14(2):345-61.

- Grahame R. Hypermobility: Not a circus act. *Int J Clin Pract* 2000b;54(5):314-5.
- Grahame R. Pain, distress and joint hyperlaxity. *Joint Bone Spine* 2000c;67(3):157-63.
- Grahame R. Time to take hypermobility seriously (in adults and children). *Rheumatology* 2001;40(5):485-91.
- Grahame R, Bird H. British consultant rheumatologists' perceptions about the hypermobility syndrome: A national survey. *Rheumatology* (Oxford) 2001;40(5):559-62.
- Grana WA, Moretz JA. Ligamentous laxity in secondary school athletes. *JAMA* 1978;240:1975-6.
- Gratacos M, Nadal M, Martins-Santos R, Pujana MA, Gago J, Peral B, Armengol L, Ponsa I, Miro R, Bulbena A, Estivill X. A polymorphic genomic duplication on human chromosome 15 is a susceptibility factor for panic and phobic disorders. *Cell* 2001;106(3):367-79.
- Grgic A, Rosenbloom AL, Weber FT, Giordano B, Malone JJ, Shuster JJ. Joint contracture: Common manifestation of childhood diabetes mellitus. *J Pediatr* 1976;88:584-8.
- Grgic A, Rosenbloom AL, Weber FT, Giordano B. Joint contracture in childhood diabetes (letter). *N Engl J Med* 1975;292:372.
- Gurewitsch AD, O'Neill MA. Flexibility of healthy children. *Arch Phys Ther* 1941;25(4):216-21.
- Haas SS, Epps CH Jr, Adams JP. Normal ranges of hip motion in the newborn. *Clin Orthop* 1973;91:114-8.
- Hahn T, Foldspang A, Vestergaard E, Ingermann-Hansen T. Active knee joint flexibility and sports activity. *Scand J Med Sci Sports* 1999;9(2):74-80.
- Halbertsma JPK, van Bolhuis AI, Göeken LNH. Sport stretching: Effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:688-92.
- Hall DM. Standardization of flexibility tests for 4-H Club members. *Res Quart* 1956;27:296-300.
- Hall MG, Ferrell WR, Sturrock RD, Hamblen DL, Baxendale RH. The effect of the hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *Br J Rheumatol* 1995;34(2):121-5.
- Hamilton GF. Mobilization of the proximal interphalangeal joint: The influence of heat, cold, and exercise. *Phys Ther* 1967;47:1111-4.
- Handler CE, Child A, Light ND, Dorrance DE. Mitral valve prolapse, aortic compliance, and skin collagen in joint hypermobility syndrome. *Br Heart J* 1985;54:501-8.
- Harreby M, Nygaard B, Jessen T, Larsen E, Storr-Paulsen A, Lindahl A, et al. Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: An epidemiologic study. *Eur Spine J* 1999;8(6):444-50.
- Harris ML. A factor analytic study of flexibility. *Res Quart* 1969a;40:62-70.
- Harris ML. Flexibility: Review of literature. *Phys Ther* 1969b;49:591-601.
- Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med* 1999;27(2):173-6.
- Hassoon A, Kulkarni J. Association between hypermobility and congenital limb deficiencies. *Clin Rehabil* 2002;16(1):12-5.
- Hauer K, Rost B, Rüttschle K, Opitz H, Specht N, Bärtsch P, Oster P, Schürf G. Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:10-20.
- Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthropol* 1967;27:57-74.
- Hellebrandt FA, Duvall EN, Moore ML. The measurement of joint motion: Part III: Reliability of goniometry. *Phys Ther Rev* 1949;29:302-7.
- Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: Systematic review. *Br Med J* 2002;325:468-72.
- Hershler C, Milner M. Angle-angle diagrams in the assessment of locomotion. *Am J Phys Med* 1980a;59(3):109-25.
- Hershler C, Milner M. Angle-angle diagrams in above-knee amputee and cerebral palsy gait. *Am J Phys Med* 1980b;59(4):165-83.
- Hoffer MM. Joint motion limitation in newborns. *Clin Orthop* 1980;148:94-6.
- Holland GJ. The physiology of flexibility: A review of the literature. *Kinesiol Rev* 1968;1:49-62.
- Holt LE, Pelham TW, Burke DG. Modifications to the standard sit-and-reach flexibility protocol. *J Athletic Training* 1999;34(1):43-7.
- Hóran FT, Beighton PH. Recessive inheritance of generalized joint hypermobility. *Rheumatol Rehabil* 1973;12:47-9.
- Howe A, Thompson D, Wright V. Reference values for metacarpophalangeal joint stiffness in normals. *Ann Rheum Dis* 1985;44:469-76.

- Hsieh CY, Walker JM, Gillis K. Straight-leg-raising test: Comparison of three instruments. *Phys Ther* 1983;63:1429-33.
- Hublely CL, Kozey JW, Stanish WD. The effects of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint. *J Orthop Sport Phys Ther* 1984;6:104-9.
- Hudson N, Fitzcharles MA, Cohen M, Starr MR, Esdaile JM. The association of soft-tissue rheumatism and hypermobility. *Br J Rheumatol* 1998;37(4):382-6.
- Hui SS, Yuen PY. Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: A comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1655-9.
- Ingerval B. Variation of the range of movement of the mandible in relation to facial morphology in children. *Scand J Dent Res* 1970;78:535-43.
- Jackson AW, Baker AA. The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res Quart* 1986;57(5):183-6.
- Jackson AW, Morrow JR Jr, Brill PA, Kohl HW III, Gordon NF, Blair SN. Relations of sit-up and sit-and-reach tests to low back pain in adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(1):22-6.
- Jessee EF, Owen DS, Sagar KB. The benign hypermobile joint syndrome. *Arthritis Rheum* 1980;23:1053-6.
- Johns RJ, Wright V. Relative importance of various tissues in joint stiffness. *J Appl Physiol* 1962;17:824-8.
- Johnson BL, Nelson JK. *Practical measurement and evaluation in physical education*. New York: Macmillan, 3rd edition, 1979. p. 78-93.
- Johnson RP, Babbitt DP. Five stages of joint disintegration compared with range of motion in hemophilia. *Clin Orthop* 1985;201:36-42.
- Jones AM. Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. *Int J Sports Med* 2002;23(1):40-3.
- Jones CJ, Rikli RE, Max J, Noffal G. The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Res Q Exerc Sport* 1998;69(4):338-43.
- Jönhagen S, Nemeth G, Eriksson E. Hamstring injuries in sprinters: The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med* 1994;22(2):262-6.
- Kadir N, Grayson MF, Goldberg AAJ, Swain MC. A new neck goniometer. *Rheumatol Rehabil* 1981;20:219-26.
- Kapandji IA, Kandel MJ. *Physiology of the joints*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 5th edition, 1997.
- Kaplinsky C, Kenet G, Seligsohn U, Rechavi G. Association between hyperflexibility of the thumb and an unexplained bleeding tendency: Is it a rule of thumb? *Br J Haematol* 1998;101(2):260-3.
- Karaaslan Y, Haznedaroglu S, Ozturk M. Joint hypermobility and primary fibromyalgia: A clinical enigma. *J Rheumatol* 2000;27(7):1774-6.
- Karpovich PV, Karpovich GP. Electrogoniometer: A new device for study of joints in action. *Fed Proc* 1959;79.
- Katzmarzyk PT, Craig CL. Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(5):740-4.
- Katzmarzyk PT, Gledhill N, Pérusse L, Bouchard C. Familial aggregation of 7-year changes in musculoskeletal fitness. *J Gerontol Sci* 2001;56:B497-502.
- Keats TE, Teeslink R, Diamond AE, Williams JH. Normal axial relationships of the major joints. *Radiology* 1966;87(5):904-7.
- Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med* 2001;31(12):863-73.
- Kelliher MS. A report on the Kraus-Weber test in East Pakistan. *Res Quart* 1960;31(1):34-42.
- Kendall HO, Kendall FP. Normal flexibility according to age groups. *J Bone Joint Surg* 1948;30A:690-4.
- Kennedy L, Archer DB, Campbell SL, Beacom R, Carson DJ, Johnston PB. Limited joint mobility in type I diabetes mellitus. *Postgrad Med J* 1982;58:481-4.
- Kettelkamp DB, Johnson RJ, Smidt GL, Chao EYS, Walker M. An electrogoniometric study of knee motion in normal gait. *J Bone Joint Surg* 1970;52A:775-90.
- Key JA. Hypermobility of joints as a sex linked hereditary characteristic. *JAMA* 1927;88:1710-2.
- Khan K, Roberts P, Nattrass C, Bennell K, Mayes S, Way S, et al. Hip and ankle range of motion in elite classical ballet dancers and controls. *Clin J Sport Med* 1997;7(3):174-9.
- Khan KM, Bennell K, Ng S, Matthews B, Roberts P, Nattrass C, et al. Can 16-18-year-old elite ballet dancers improve their hip and ankle range of motion over a 12-month period? *Clin J Sports Med* 2000;10(2):98-103.
- Kippers V, Parker AW. Toe-touch test: A measure of its validity. *Phys Ther* 1987;67(11):1680-4.

- Kirby RL, Simms FC, Symington VJ, Garner JB. Flexibility and musculoskeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *Am J Sports Med* 1984;18:143-8.
- Kirk JA, Ansell BM, Bywaters EGL. The hypermobility syndrome: Musculoskeletal complaints associated with generalized joint hypermobility. *Ann Rheum Dis* 1967;26:419-25.
- Klemp P. Hypermobility. *Ann Rheum Dis* 1997;56(10):573-5.
- Klemp P, Chalton D. Articular mobility in ballet dancers: A follow-up study after four years. *Am J Sports Med* 1989;17(1):72-5.
- Klemp P, Learmonth ID. Hypermobility and injuries in a professional ballet. *Br J Sports Med* 1984;18:143-8.
- Klemp P, Williams SM, Stansfeld SA. Articular mobility in Maori and European New Zealanders. *Rheumatology (Oxford)* 2002;41(5):554-7.
- Knudson DV, Magnusson P, McHugh M. Current issues in flexibility fitness. *The President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest* 2000;3(10):1-8.
- Kornberg M, Aulicino PL. Hand and wrist joint problems in patients with Ehlers-Danlos syndrome. *J Hand Surg* 1985;10A:193-6.
- Kottke FJ, Mundale MO. Range of mobility of cervical spine. *Arch Phys Med Rehabil* 1959;40:379-82.
- Kottke FJ. Therapeutic exercise to maintain mobility. In: Kottke FJ, Stillwell GK, Lehmann JF, editors. *Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation*. Philadelphia: WB Saunders, 3rd edition, 1982. p. 389-402.
- Kraus H, Hirschland RP. Minimum muscular fitness test in school children. *Res Quart* 1954;25:178-88.
- Krivickas LS, Feinberg JH. Lower extremity injuries in college athletes: relation between ligamentous laxity and lower extremity muscle tightness. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77(11):1139-43.
- Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 2001;90:520-7.
- Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 2002;92:595-601.
- Kujala UM, Taimela S, Oksanen A, Salminen JJ. Lumbar mobility and low back pain during adolescence. A longitudinal three-year follow-up study in athletes and controls. *Am J Sports Med* 1997;25(3):363-8.
- Kuo L, Chung W, Bates E, Stephen J. The hamstring index. *J Pediatr Orthop* 1997;17(1):78-88.
- Kusnitz I, Keeney CE. Effects of progressive weight training on health and physical fitness of adolescent boys. *Res Quart* 1958;29:294-301.
- Lankhorst GJ, Van De Stadt RJ, Van Der Korst JK. The natural history of idiopathic low back pain: A three-year follow-up study of spinal motion, pain and functional capacity. *Scand J Rehabil Med* 1985;17:1-4.
- Larsson LG, Baum J, Mudholkar GS. Hypermobility: Features and differential incidence between the sexes. *Arthritis Rheum* 1987;30:1426-30.
- Laubach LL, McConville JT. Relationships between flexibility, anthropometry, and the somatotype of college men. *Res Quart* 1966;37:241-51.
- Lee EJ, Etnyre BR, Poindexter HB, Sokol DL, Toon TJ. Flexibility characteristics of elite female and male volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 1989;29(1):49-51.
- Lefevre J, Philippaerts RM, Delvaux K, Thomis M, Vanreusel B, Eynde BV, Claesens AL, Lysens R, Renson R, Beunen G. Daily physical activity and physical fitness from adolescence to adulthood: A longitudinal study. *Am J Human Biol* 2000;12:487-97.
- Lehnhard HR, Lehnhard RA, Butterfield SA, Beckwith DM, Marion SF. Health-related physical fitness levels of elementary school children ages 5-9. *Percept Mot Skills* 1992;75(3 Pt 1):819-26.
- Leighton JR. A simple objective and reliable measure of flexibility. *Res Quart* 1942;13:205-16.
- Leighton JR. Flexibility characteristics of males 10 to 18 years of age. *Arch Phys Med Rehabil* 1955;36:571-8.
- Leighton JR. An instrument and technic for the measurement of range of joint motion. *Arch Phys Med Rehabil* 1956;37(8):494-8.
- Leighton JR. Flexibility characteristics of four specialized skill groups of college athletes. *Arch Phys Med Rehabil* 1957a;38:24-8.
- Leighton JR. Flexibility characteristics of three specialized skill groups of champion athletes. *Arch Phys Med Rehabil* 1957b;38(9):580-3.
- Len C, Ferraz MB, Goldenberg J, Oliveira LM, Araújo PP, Quresma MR, et al. Pediatric Escola Paulista de Medicina Range of Motion Scale: A reduced joint count scale for general use in juvenile rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 1999;26(4):909-13.
- Lewkonja RM, Ansell BM. Articular hypermobility simulating chronic rheumatic disease. *Arch Dis Child* 1983;58:988-92.

- Liemohn W, Martin SB, Pariser GL. The effect of ankle posture on sit-and-reach test performance. *J Strength Cond Res* 1997;11(4):239-41.
- Lira VA, Araújo DSMS, Coelho CW, Araújo CGS. Sitting-rising test: Inter-observer reliability results. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(Suppl 5):S78 (abstract).
- Livingstone B, Hirst P. Orthopedic disorders in school children with Down's syndrome with special reference to the incidence of joint laxity. *Clin Orthop Rel Res* 1986;207:74-6.
- Looney MA, Plowman SA. Passing rates of American children and youth on the FITNESSGRAM criterion-referenced physical fitness standards. *Res Q Exerc Sport* 1990;61(3):215-23.
- Loudon JK, Goist HL, Loudon KL. *Genu recurvatum* syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27(5):361-7.
- Lundbzaek K. Stiff hands in long-term diabetes. *Acta Med Scand* 1957;158:447-51.
- Lysens R, Steverlynck A, van den Auweele Y, Lefevre J, Renson L, Claessens A, et al. The predictability of sport injuries. *Sports Med* 1984;1:6-10.
- Macrae IF, Wright V. Measurement of back movement. *Ann Rheum Dis* 1969;28:584-9.
- Madácsy L, Peja M, Korompay K, Biró B. Limited joint mobility in diabetic children: A risk factor of diabetic complications? *Acta Paediatr Hungarica* 1986;27(2):91-6.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol (Lond)* 1996;497(Pt 1):291-8.
- Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8:65-77.
- Magnusson SP, Julsgaard C, Aagaard P, Zacharie C, Ullman S, Kobayasi T, Kjaer M. Viscoelastic properties and flexibility of the human muscle-tendon unit in benign joint hypermobility syndrome. *J Rheumatol* 2001;28(12):2720-5.
- Malcolm AD. Mitral valve prolapse associated with other disorders: Casual coincidence, common link, or fundamental genetic disturbance? (editorial) *Br Heart J* 1985;53:353-62.
- Marks JS, Sharp J, Brear SG, Edwards JD. Normal joint mobility in mitral valve prolapse. *Ann Rheum Dis* 1983;42:54-5.
- Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, McGrew CA, Strong WB, Douglas PS, et al. Cardiovascular pre-participation screening of competitive athletes: A statement for health professionals from the Sudden Death Committee and Congenital Cardiac Defects Committee – American Heart Association. *Circulation* 1996;94(4):850-6.
- Martin JR, Ives EJ. Familial articular hypermobility and scapho-trapezial/trapezoid osteoarthritis in two siblings. *Rheumatology* 2002;41:1203-6.
- Martin-Santos R, Bulbena A, Porta M, Gago J, Molina L, Duro JC. Association between joint hypermobility syndrome and panic disorder. *Am J Psychiatry* 1998;155(11):1578-83.
- Massey BH, Chaudet NL. Effects of systematic, heavy resistive exercise on range of joint movement in young male adults. *Res Quart* 1956;27:41-51.
- Mathews DK, Shaw V, Bohnen M. Hip flexibility of women as related to length of body segments. *Res Quart* 1957;28:352-6.
- Mathews DK, Shaw V, Woods JB. Hip flexibility of elementary school boys as related to body segments. *Res Quart* 1959;30:297-302.
- Mathews DK. *Measurement in physical education*. Philadelphia: WB Saunders, 5th edition, 1978. p. 357-65.
- Maud PJ, Cortez-Cooper MY. Static techniques for the evaluation of joint range of motion. In: Maud PJ, Foster C, editors. *Physiological assessment of human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995. p. 221-43.
- McAtee R. *Facilitated stretching*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2nd edition, 1999.
- McHugh MP, Kremenec JJ, Fox MB, Gleim GW. The role of mechanical and neural restraints to joint range of motion during passive stretch. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:928-32.
- McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Kremenec JJ, Nicholas SJ, Gleim GW. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *Am J Sports Med* 1999;27(5):594-9.
- McIntosh LJ, Stanitski DF, Mallett VT, Frahm JD, Richardson DA, Evans MI. Ehlers-Danlos syndrome: Relationship between joint hypermobility, urinary incontinence, and pelvic floor prolapse. *Gynecol Obstet Invest* 1996;41(2):135-9.
- McMaster WC, Roberts A, Stoddard T. A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. *Am J Sports Med* 1998;26(1):83-6.
- Merritt JL, McLean TJ, Erickson RP. Measurement of trunk flexibility in normal subjects: Reproducibility of three clinical methods. *Mayo Clin Proc* 1986;61:192-7.
- Michels E. Measurement in physical therapy: On the rules for assessing numerals to observations. *Phys Ther* 1983;63:209-15.

- Mikkelsen M, Salminen JJ, Kautiainen H. Joint hypermobility is not a contributing factor to musculoskeletal pain in pre-adolescents. *J Rheumatol* 1996;23(11):1963-7.
- Mikkelsen M, Salminen JJ, Sourander A, Kautiainen H. Contributing factors of musculoskeletal pain in preadolescents: A prospective 1-year follow-up study. *Pain* 1998;77(1):67-72.
- Moll JMH, Wright V. Normal range of spinal mobility: An objective clinical study. *Ann Rheum Dis* 1971;30:381-6.
- Moll JMH, Wright V. The pattern of chest and spinal mobility in ankylosing spondylitis. *Rheumatol Rehabil* 1973;12:115-22.
- Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J. Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities. *Arch Phys Med Rehabil* 1985;66:171-3.
- Moller MHL, Oberg BE, Gillquist J. Stretching exercise and soccer: Effect of stretching on range of motion in the lower extremity in connection with soccer training. *Int J Sports Med* 1985;6:50-2.
- Moore MA, Hutton RS. Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Med* 1980;12(5):322-9.
- Moore ML. The measurement of joint motion: Part I: Introductory review of literature. *Phys Ther Rev* 1949a;29:195-205.
- Moore ML. The measurement of joint motion: Part II: The technic of goniometry. *Phys Ther Rev* 1949b;29:256-64.
- Morey MC, Pieper CF, Sullivan RJ Jr, Crowley GM, Cowper PA, Robbins MS. Five-year performance trends for older exercisers: A hierarchical model of endurance, strength, and flexibility. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:1226-31.
- Murray MP, Gore DR, Gardner GM, Mollinger LA. Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. *Clin Orthop* 1985;192:268-73.
- Natras CL, Nitschke JE, Disler PB, Chou MJ, Ooi KT. Lumbar spine range of motion as a measure of physical and functional impairment: An investigation of validity. *Clin Rehabil* 1999;13(3):211-8.
- Nef W, Gerber NJ. Hypermobility syndrome. When too much activity causes pain. *Schweiz Med Wochenschr* 1998;21;128(8):302-10.
- Nelson AG, Guillory IK, Cornwell A, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. *J Strength Cond Res* 2001;15(2):241-6.
- Nelson AG, Kokkonen J. Acute ballistic muscle stretching inhibits strength performance. *Res Q Exerc Sport* 2001;72(4):415-9.
- Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C, Cornwell A, Glickman-Weiss E. Chronic stretching and running economy. *Scand J Med Sci Sports* 2001;11:260-5.
- Nelson JK, Johnson HL, Smith GC. Physical characteristics, hip flexibility and arm strength of female gymnasts classified by intensity of training across age. *J Sports Med Phys Fitness* 1983;23:95-101.
- Nemethi CE. Normal wrist motions. *Indust Med Surg* 1953;22:230.
- Nicholas JA. Injuries to knee ligaments: Relationship to looseness and tightness in football players. *JAMA* 1970;212:2236-9.
- Nienaber CA, Von Kodolitsch Y. Therapeutic management of patients with Marfan syndrome: Focus on cardiovascular involvement. *Cardiol Rev* 1999;7(6):332-41.
- Noer HR, Pratt DR. A goniometer designed for the hand. *J Bone Joint Surg* 1958;40A:1154-6.
- Norkin CC, White DJ, White J. *Measurement of joint motion: a guide to goniometry*. Philadelphia: Davis, 1995.
- Norton PA, Baker JE, Sharp HC, Warenski JC. Genitourinary prolapse and joint hypermobility in women. *Obstet Gynecol* 1995;85(2):225-8.
- Nowak E. Angular measurements of foot-motion for application to the design of foot-pedals. *Ergonomics* 1972;15:407-15.
- Noyes FR, Grood ES, Butler DL, Malek M. Clinical laxity tests and functional stability of the knee: Biomechanical concepts. *Clin Orthop* 1980;146:84-9.
- Nygaard IE, Glowacki C, Saltzman CL. Relationship between foot flexibility and urinary incontinence in nulliparous varsity athletes. *Obstet Gynecol* 1996;87(6):1049-51.
- Oberg B, Ekstrand J, Moller M, Gillquist J. Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *Int J Sports Med* 1984;5:213-6.
- O'Driscoll SL, Tomenson J. The cervical spine. *Clin Rheum Dis* 1982;8:617-30.
- Ondrasik M, Rybar I, Rus V, Bosak V. Joint hypermobility in primary mitral valve prolapse patients. *Clin Rheumatol* 1988;7(1):69-73.
- Pal B, Griffiths ID, Anderson J, Dick WC. Association of limited joint mobility with Dupuytren's contracture in diabetes mellitus. *J Rheumatol* 1987;14(3):582-5.
- Parker AW, James B. Age changes in the flexibility of Down's syndrome children. *J Ment Defic Res* 1985;29(Pt 3):207-18.

- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, et al. Physical activity and public health: A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995;273(5):402-7.
- Pellecchia GL, Bohannon RW. Active lateral neck flexion range of motion measurements obtained with a modified goniometer: Reliability and estimates of normal. *J Manipulative Physiol Ther* 1998;21(7):443-7.
- Penning L. Normal movements of the cervical spine. *Am J Roentgenol* 1978;130:317-26.
- Pepin M, Schwarze U, Superti-Furga A, Byers PH. Clinical and genetic features of Ehlers-Danlos syndrome type IV, the vascular type. *N Engl J Med* 2000;342(10):673-80.
- Phelps GS, Dickson JA. Spondylolisthesis and tight hamstrings. *J Bone Joint Surg* 1961;43A:505-12.
- Phillips DA, Hornak JE. *Measurement and evaluation in physical education*. New York: Wiley, 1979, p. 238-41.
- Phillips M, Bookwalter C, Denman C, et al. Analysis of results from the Kraus-Weber test of minimum muscular fitness in children. *Res Quart* 1955;26:315-23.
- Pitcher D, Grahame R. Mitral valve prolapse and joint hypermobility: Evidence for a systemic connective tissue abnormality. *Ann Rheum Dis* 1982;41:352-4.
- Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: Benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 2000;101:828-33.
- Potter P. The obliquity of the arm of the female in extension: The relation of the forearm with the upper arm in flexion. *J Anat Physiol* 1895;29:488-91.
- Pountain G. Musculoskeletal pain in Omanis and the relationship to joint mobility and body mass index. *Br J Rheumatol* 1992;31(2):81-5.
- Punzi L, Pozzuoli A, Pianon M, Bertazzolo N, Oliviero F, Scapinelli R. Pro-inflammatory interleukins in the synovial fluid of rheumatoid arthritis associated with joint hypermobility. *Rheumatology* 2001;40:202-4.
- Qvindelund A, Jónsson H. Articular hypermobility in Icelandic 12-year-olds. *Rheumatology* 1999;38:1014-6.
- Rajapakse CN, Al-Orainey IO, Al-Harathi SS, Osman A, Smith J. Joint mobility and mitral valve prolapse in an Arab population. *Br J Rheumatol* 1987;26(6):442-4.
- Rasmussen O, Tovborg-Jensen I. Joint range and deformity recorded by xerography. *Phys Ther* 1970;50:190-2.
- al-Rawi Z, Nessian AH. Joint hypermobility in patients with chondromalacia patellae. *Br J Rheumatol* 1997;36(12):1324-7.
- al-Rawi ZS, al-Rawi ZT. Joint hypermobility in women with genital prolapse. *Lancet* 1982;June 26:1439-41.
- Reid DC, Burnham RS, Saboe LA, Kushner SF. Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *Am J Sports Med* 1987;15(4):347-52.
- Reilly T. The concept, measurement and development of flexibility. In: Reilly T, editor. *Sports fitness and sport injuries*. London: Faber & Faber, 1981, p. 61-9.
- Rejeski WJ, Brawley LR, Shumaker SA. Physical activity and health-related quality of life. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:71-108.
- Reynolds PMG. Measurement of spinal mobility: a comparison of three methods. *Rheumatol Rehabil* 1975;14:180-5.
- Rezende AR, Faria AG Jr, Almeida LTP. Estudo descritivo sobre os índices de mobilidade articular da coluna vertebral, nos movimentos de inclinação lateral, num grupo de praticantes de natação. *Comunidade Esportiva* 1981;13:2-7.
- Ricardo DR, Araújo CGS. Índice de massa corporal: Um questionamento científico baseado em evidências. *Arq Bras Cardiol* 2002;79(1):61-9.
- Rikken-Bultman DG, Wellink L, van Dongen PW. Hypermobility in two Dutch school populations. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1997;73(2):189-92.
- Rikli RE, Jones CJ. Assessing physical performance in independent older adults: Issues and guidelines. *J Aging Phys Activity* 1997;5:244-61.
- Roas A, Andersson GBJ. Normal range of motion of the hip, knee and ankle joints in male subjects, 30-40 years of age. *Acta Orthop Scand* 1982;53:205-8.
- Rodriguez Y, Petersen F, Villareal A, Esquivel J, Reyes PA. Clinical features of idiopathic mitral valve prolapse. *Arch Inst Cardiol Mex* 1991;61(6):587-91.
- Rosenbloom AL, Frias JL. Diabetes mellitus, short stature and joint stiffness: A new syndrome. *Clin Res* 1974;22:92 (abstract).
- Rosenbloom AL, Malone JI, Yucha J, Van Cader TC. Limited joint mobility and diabetic retinopa-

- thy demonstrated by fluorescein angiography. *Eur J Pediatr* 1984;141:163-4.
- Rosenbloom AL, Silverstein JH, Lezote DC, Richardson K, McCallum M. Limited joint mobility in childhood diabetes mellitus indicates increased risk for microvascular disease. *N Engl J Med* 1981;305:191-4.
- Rosenbloom AL, Silverstein JH, Lezote DC, Riley WJ, Maclaren NK. Limited joint mobility in diabetes mellitus of childhood: Natural history and relationship to growth impairment. *J Pediatr* 1982;101:874-8.
- Rosenbloom AL, Silverstein JH, Riley WJ, MacLaren NK. Limited joint mobility in childhood diabetes: Family studies. *Diabetes Care* 1983;6:370-3.
- Ross WD, Drinkwater DT, Bailey DA, Marshall GW, Leahy RM. Kinanthropometry: Definitions and traditions. In: Ostyn M, Beunen G, Simons J, editors. *Kinanthropometry II*. Baltimore: University Park Press, 1979, p. 3-32.
- Rossi P, Fossaluzza V. Diabetic cheiroarthropathy in adult non-insulin-dependent diabetes. *Ann Rheum Dis* 1985;44:141-2.
- Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *Am J Sports Med* 1999;27(3):312-9.
- Rusk HA. *Rehabilitation medicine*. St. Louis: Mosby; 1977, p. 9-15.
- Russek LN. Hypermobility syndrome. *Phys Ther* 1999;79:591-9.
- Sabari JS, Maltzev I, Lubarsky D, Liskay E, Homel P. Goniometric assessment of shoulder range of motion: Comparison of testing in supine and sitting positions. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79(6):647-51.
- Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:261-3.
- Salter N. Methods of measurement of muscle and joint function. *J Bone Joint Surg* 1955;37B:474-91.
- Sapega AA. Biophysical factors in range-of-motion exercise. *Phys Sportsmed* 1981;9(12):57-67.
- Sapega AA, Nicholas J. The clinical use of musculoskeletal profiling in orthopedic sportsmedicine. *Phys Sportsmed* 1981;9(4):80-8.
- Sarrafian SK, Melamed JL, Goshgarian GM. Study of wrist motion in flexion and extension. *Clin Orthop* 1977;126:153-9.
- Saur PM, Ensink FB, Frese K, Seeger D, Hildebrant J. Lumbar range of motion: Reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine* 1996;21(11):1332-8.
- Scharf Y, Nahir AM. Hypermobility syndrome mimicking juvenile chronic arthritis. *Rheumatol Rehabil* 1982;21:78-80.
- Schenker AW. Goniometry: an improved method of joint motion measurement. *New York State J Med* 1956;56:539-45.
- Schenkman M, Morey M, Kuchibhatla M. Spinal flexibility and balance control among community-dwelling adults with and without Parkinson's disease. *J Gerontol Sci* 2000;55:M441-5.
- Schmidt GJ. Muscular endurance and flexibility components of the Singapore national physical fitness award. *Aust J Sci Med Sport* 1995;27(4):88-94.
- Schnapf BM, Banks RA, Silverstein JH, Rosenbloom AL, Chesrow SE, Loughlin GM. Pulmonary function in insulin-dependent diabetes mellitus with limited joint mobility. *Am Rev Respir Dis* 1984;130:930-2.
- Semine AA, Ertel NA, Goldberg MJ, Bull MJ. Cervical spine instability in children with Down syndrome. *J Bone Joint Surg* 1978;60A:649-52.
- Seow CC, Chiow PK, Khong KS. A study of joint mobility in a normal population. *Ann Acad Med Singapore* 1999;28(2):231-6.
- Shephard RJ, Berridge M, Montelpare W. On the generality of the "sit-and-reach" test: An analysis of flexibility data for an aging population. *Res Q Exerc Sport* 1990;61:326-30.
- Shrier I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: A critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med* 1999;9(4):221-7.
- Shinabaerger NI. Limited joint mobility in adults with diabetes mellitus. *Phys Ther* 1987;67(2):215-8.
- Siegler S, Lapointe S, Nobiline R, Berman AT. A six-degrees-of-freedom instrumented linkage for measuring the flexibility characteristics of the ankle joint complex. *J Biomech* 1996;29(7):943-7.
- Silman AJ, Haskard D, Day S. Distribution of joint mobility in a normal population: Results of the use of fixed torque measuring devices. *Ann Rheum Dis* 1986;45:27-30.
- Silva LPS, Palma A, Araújo CGS. Validade da percepção subjetiva na avaliação da flexibilidade de adultos. *Rev Bras Ciên Mov* 2000;8(3):15-20.
- Silverman S, Costine L, Harvey W, Grahame R. Survey of joint mobility and in vivo skin elasticity in London schoolchildren. *Ann Rheum Dis* 1975;34:177-80.

- Simmons RW, Richardson C, Deutsch K. Limited joint mobility of the ankle in diabetic patients with cutaneous sensory deficit. *Diabetes Res Clin Pract* 1997;37(2):137-43.
- Skinner JS, Baldini FD, Gardner AW. Assessment of fitness. In: Bouchard C, Shephard R, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD, editors. *Exercise, health, and fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1990, p.109-19.
- Smahel Z. Joint motion of the child hand. *Acta Chir Plast* 1975;17:113-24.
- Smith AD, Stroud L, McQuen C. Flexibility and anterior knee pain in adolescent elite figure skaters. *J Pediatr Orthop* 1991;11(1):77-82.
- Smith DS. Measurement of joint movement: An overview. *Clin Rheum Dis* 1982;8:523-32.
- Smith JA. Relation of certain physical traits and abilities to motor learning in elementary school children. *Res Quart* 1956;27:220-8.
- Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, McCammon MR, Houmard JA, Franklin ME, Israel RG. The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Res Q Exerc Sport* 1993;64(1):103-7.
- Starkman H, Brink S. Limited joint mobility of the hand in type I diabetes mellitus. *Diabetes Care* 1982;5:534-6.
- Starkman HS, Gleason RE, Rand LI, Miller DE, Soeldner JS. Limited joint mobility of the hand in patients with diabetes mellitus: Relation to chronic complications. *Ann Rheum Dis* 1986;45:130-5.
- Steel FLD, Tomlinson JDW. The "carrying angle" in man. *J Anat* 1958;92:315-7.
- Stephens T, Sutton JR, McPherson BD, editors. *Exercise, health, and fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1990, p. 109-19.
- Stoedefalke KG. Functional capacity testing. In: Ryan AJ, Allman FL Jr, editors. *Sports medicine*. New York: Academic Press, 1974, p. 447-62.
- Storms H. A system of joint measurement. *Phys Ther Rev* 1955;35:369-71.
- Stratford P, Agostino V, Brazeau C, Gowitzke BA. Reliability of joint angle measurement: A discussion of methodology issues. *Physiotherapy (Canada)* 1984;36:5-9.
- Sturkie PD. Hypermobile joints in all descendants for two generations. *J Hered* 1941;32:232-4.
- Sugahara M, Nakamura M, Sugahara K, et al. Epidemiological study on the change of mobility. *J Hum Ergol* 1981;10:49-60.
- Suni JH, Mülunpalo SI, Asikainen TM, Laukkanen RT, Oja P, Pasanen ME, et al. Safety and feasibility of a health-related fitness test battery for adults. *Phys Ther* 1998;78(2):134-48.
- Sutro CJ. Hypermobility of bones due to "overlengthened" capsular and ligamentous tissues. *Surgery* 1947;21:67-76.
- Taunton JE, Rhodes EC, Wolski LA, Donnelly M, Warren J, Elliot J, McFarlane L, Leslie J, Mitchell J, Lauridsen B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of women aged 65-75 years. *Gerontology* 1996;42:204-10.
- Teitz CC. Sports medicine concerns in dance and gymnasts. *Clin Pediatr North Am* 1982;29:1517-42.
- Thomas JS, Corcos DM, Hasan Z. The influence of gender on spine, hip, knee, and ankle motions during a reaching task. *J Motor Behav* 1998;30(2):98-103.
- Tincello DG, Adams EJ, Richmond DH. Antenatal screening for postpartum urinary incontinence in nulliparous women: A pilot study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2002;101(1):70-3.
- Travers PR, Evans PG. Limitation of mobility in major joints of 231 sportsmen. *Br J Sports Med* 1976;10:35-6.
- Tucci SM, Hicks JE, Gross EG, Campbell W, Danoff J. Cervical motion assessment: A new, simple and accurate method. *Arch Phys Med Rehabil* 1986;67:225-30.
- Tully EA, Stillman BC. Computer-aided video analysis of vertebrofemoral motion during toe touching in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:759-66.
- Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, McHugh MP. The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor muscle strains in professional ice hockey players. *Am J Sports Med* 2001;29(2):124-8.
- Tyler TF, Roy T, Nicholas SJ, Gleim GW. Reliability and validity of a new method of measuring posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999;29(5):262-9.
- Tyrance H. Relationships of extreme body types to ranges of flexibility. *Res Quart* 1958;29:349-59.
- van Heuvelen MJG, Kempen GIJM, Ormel J, de Greef MHG. Self-reported physical fitness of older persons: A substitute for performance-based measures of physical fitness? *J Aging Phys Activity* 1997;5:298-310.
- Veliskasis KP. Increased generalized ligamentous laxity in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1973;55 A:435.

- Verhoeven JJ, Tuinman M, Van Dongen PW. Joint hypermobility in African non-pregnant nulliparous women. *Eur J Gynecol Reprod Biol* 1999;82(1):69-72.
- Vougiouka O, Moustaki M, Tsanaktsi M. Benign hypermobility syndrome in Greek schoolchildren. *Eur J Pediatr* 2000;159(8):628.
- Wagner C. Determination of the rotary flexibility of the elbow joint. *Eur J Appl Physiol* 1977;37:47-59.
- Wainerdi HR. An improved goniometer for arthrometry. *JAMA* 1952;149:661-2.
- Walker BA, Beighton PH, Murdoch JKL. The marfanoid hypermobility syndrome. *Ann Intern Med* 1969;71:349-52.
- Watson AWS. Factors predisposing to sports injury in school boy rugby players. *J Sports Med Phys Fitness* 1981;21:417-22.
- Waugh KG, Minkel JL, Parker R, Coon VA. Measurement of selected hip, knee, and ankle joint motions in newborns. *Phys Ther* 1983;63:1616-21.
- Weber S, Kraus H. Passive and active stretching of muscles: Spring stretch and control group. *Phys Ther Rev* 1949;29:407-10.
- Weiss M. A multiple purpose goniometer. *Arch Phys Med Rehabil* 1964;45:197.
- Wells KF, Dillon EK. The sit and reach: A test of back and leg flexibility. *Res Quart* 1952;23:115-8.
- West CC. Measurement of joint motion. *Arch Phys Med* 1945;26(7):414-25.
- Westling L, Mattiason A. General joint hypermobility and temporomandibular joint derangement in adolescents. *Ann Rheum Dis* 1992;51:87-90.
- Wiechec FJ, Krusen FH. A new method of joint measurement and a review of the literature. *Am J Surg* 1939;43:659-68.
- Wiesler ER, Hunter DM, Martin DE, Curl WW, Hoen H. Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *Am J Sports Med* 1996;24(6):754-7.
- Wiles P. Movements of the lumbar vertebrae during flexion and extension. *Proc Roy Soc Med* 1935;28:647-51.
- Williams PO. Assessment of mobility in joints. *Rheumatism* 1957;13:13-6.
- Wilmer HA, Elkins EC. An optical goniometer for observing range of motion of joints: A preliminary report of a new instrument. *Arch Phys Med* 1947;28(11):695-704.
- Wilson GD, Statch WH. Photographic record of joint motion. *Arch Phys Med* 1945;26(6):361-2.
- Wolf SL, Basmajian JV, Russe TC, Kutner M. Normative data on low back mobility and activity levels. *Am J Phys Med* 1979;58(5):217-29.
- Wood ONH. Is hypermobility a discrete entity? *Proc Roy Soc Med* 1971;64:690-2.
- Woods JY. Reliability of a non-invasive method for measuring back extension and defining normal ranges. *Phys Ther* 1985;65:675.
- Wordsworth P, Ogilvie D, Smith R, Sykes B. Joint mobility with particular reference to racial variation and inherited connective tissue disorders. *Br J Rheumatol* 1987;26(1):9-12.
- Wright V. Measurement of joint movement: Foreword. *Clin Rheum Dis* 1982;8:521-2.
- Wright V, Hopkins R. The temporomandibular joint. *Clin Rheum Dis* 1982;8:715-22.
- Wright V, Johns RJ. Observations on the measurement of joint stiffness. *Arth Rheum* 1960;3:328-40.
- Wright V, Johns RJ. Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue diseases. *Ann Rheum Dis* 1961;20:36-45.
- Wynne-Davies R. Acetabular dysplasia and familial joint laxity: Two etiological factors in congenital dislocation of the hip: A review of 589 patients and their families. *J Bone Joint Surg* 1970;52B:704-16.
- Wynne-Davies R. Hypermobility. *Proc Roy Soc Med* 1971;64:689-90.
- Youdas JW, Garrett TR, Suman VJ, Bogard CL, Hallman HO, Carey JR. Normal range of motion of the cervical spine: An initial goniometric study. *Phys Ther* 1992;72(11):770-80.



## Acerca del autor

Claudio Gil Soares de Araújo, MD, PhD, FACSM, es profesor de la Universidad Gama Filho y director médico de CLINIMEX en Río de Janeiro, Brasil. Es médico de la medicina del deporte y del ejercicio que está dedicado a una productiva investigación. Ha aplicado el flexitest a más de 4.000 personas a lo largo de su carrera profesional desde el año 1979.

El Dr. Araújo ha trabajado en la supervisión de programas de ejercicio y en la evaluación cardiopulmonar del ejercicio desde la década de 1980. Ha coordinado también la evaluación médica de los deportistas brasileños durante los Juegos Olímpicos de 1988 y 1996.

Obtuvo su MD, MSc y PhD en la Universidad Federal Río de Janeiro. Como parte de su formación médica, participó en la investigación en las áreas cardiorrespiratoria y del ejercicio en 1979 en la Universidad McMaster de Canadá. El Dr. Araújo es miembro del American College of Sports Medicine (ACSM), miembro del comité, y ponente habitual de los encuentros anuales del ACSM.





# ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

## Tablas

- 1.1 Factores limítrofes de la flexibilidad, 6
  
- 3.1 Sistema de clasificación de 18 criterios de los métodos de evaluación de la flexibilidad, 37
- 3.2 Protocolo de evaluación de la flexibilidad de Nicholas, 45
  
- 4.1 Descripción cinesiológica de los 20 movimientos del flexitest, 52
  
- 5.1 Guía de puntuación para las figuras 5.1 a 5.20, 111
- 5.2 Guía de puntuación para la figura 5.21, 112
- 5.3 Guía de puntuación para la figura 5.22, 112
  
- 6.1 La expresión de la evaluación en relación con los percentiles del flexindex, 115
- 6.2 Percentiles del flexindex en hombres, 119
- 6.3 Percentiles del flexindex en mujeres, 120
- 6.4 Ejemplo de disparidad de la puntuación articular con idéntico flexindex, 135
- 6.5 Valores de referencia basados en los intervalos del percentil para los índices de variabilidad del flexitest, 137
- 6.6 Datos del flexitest para una mujer moderadamente activa de 36 años de edad, 139
- 7.1 Flexitest: lista de material científico, 144
  
- 8.1 Comparación de los protocolos de evaluación de la flexibilidad más importantes de acuerdo con un sistema de clasificación de 18 criterios, 168
  
- 9.1 Estudio 1, 176
- 9.2 Estudio 2, 177
- 9.3 Estudio 3, 178
- 9.4 Estudio 4, 179
- 9.5 Estudio 5, 180
- 9.6 Estudio 6, 181
- 9.7 Estudio 7, 182
- 9.8 Estudio 8, 183

# Figuras

- 1.1 Ángulo cubital, 11
  
- 2.1 Hipermovilidad, 21
- 2.2 Hipomovilidad, 27
  
- 3.1 Usos prácticos y potenciales de la evaluación de la flexibilidad, 32
- 3.2 Goniómetro, 47
- 3.3 Flexómetro, 48
  
- 4.1 Dorsiflexión del tobillo, 54
- 4.2 Flexión plantar del tobillo, 55
- 4.3 Flexión de la rodilla, 56
- 4.4 Extensión de la rodilla, 57
- 4.5 Flexión de la cadera, 58
- 4.6 Extensión de la cadera, 59
- 4.7 Aducción de la cadera, 60
- 4.8 Abducción, 61
- 4.9 Flexión del tronco, 62
- 4.10 Extensión del tronco, 63
- 4.11 Flexión lateral del tronco, 64
- 4.12 Flexión de la muñeca, 65
- 4.13 Extensión de la muñeca, 66
- 4.14 Flexión del codo, 67
- 4.15 Extensión del codo, 68
- 4.16 Aducción posterior del hombro desde abducción de 180°, 69
- 4.17 Aducción posterior o extensión del hombro, 70
- 4.18 Extensión posterior del hombro, 71
- 4.19 Rotación lateral del hombro con abducción de 90° y flexión de codo de 90°, 72
- 4.20 Rotación medial del hombro con abducción de 90° y flexión del codo de 90°, 72
  
- 5.1 Movimiento I, 81
- 5.2 Movimiento II, 82
- 5.3 Movimiento III, 83
- 5.4 Movimiento IV, 84
- 5.5 Movimiento V, 85
- 5.6 Movimiento VI, 86
- 5.7 Movimiento VII, 87
- 5.8 Movimiento VIII, 88
- 5.9 Movimiento IX, 89
- 5.10 Movimiento X, 90
- 5.11 Movimiento XI, 91

- 5.12 Movimiento XII, 92
  - 5.13 Movimiento XIII, 93
  - 5.14 Movimiento XIV, 94
  - 5.15 Movimiento XV, 95
  - 5.16 Movimiento XVI, 96
  - 5.17 Movimiento XVII, 97
  - 5.18 Movimiento XVIII, 98
  - 5.19 Movimiento XIX, 99
  - 5.20 Movimiento XX, 100
  - 5.21 Secuencia 1 de movimiento, 101
  - 5.22 Secuencia 2 de movimiento, 106
- Flexindex: Curvas de percentil para hombres, 116
- Flexindex: Curvas de percentil para mujeres, 117
- Flexindex: hombres deportistas, 121
- Flexindex: mujeres deportistas, 121
- Ejemplo de un flexograma, 124
- Flexograma: varones de 5 a 9 años de edad, 124
- Flexograma: varones de 10 a 15 años de edad, 125
- Flexograma: varones de 16 a 25 años de edad, 125
- Flexograma: varones de 26 a 35 años de edad, 126
- Flexograma: varones de 36 a 45 años de edad, 126
- Flexograma: varones de 46 a 55 años de edad, 127
- Flexograma: varones de 56 a 65 años de edad, 127
- Flexograma: varones de 66 a 75 años de edad, 128
- Flexograma: varones de 76 a 88 años de edad, 128
- Flexograma: mujeres de 5 a 9 años de edad, 129
- Flexograma: mujeres de 10 a 15 años de edad, 129
- Flexograma: mujeres de 16 a 25 años de edad, 130
- Flexograma: mujeres de 26 a 35 años de edad, 130
- Flexograma: mujeres de 36 a 45 años de edad, 131
- Flexograma: mujeres de 46 a 55 años de edad, 131
- Flexograma: mujeres de 56 a 65 años de edad, 132
- Flexograma: mujeres de 66 a 75 años de edad, 132
- Flexograma: mujeres de 76 a 88 años de edad, 133
- Flexograma: jugadores de fútbol adultos masculinos, 133
- Flexograma: yudocas adultos masculinos, 134
- Flexograma: nadadores adultos masculinos, 134
- Interpretación de los resultados del flexitest, 140
- La fiabilidad del flexindex entre dos evaluadores expertos, 150
- La fiabilidad del flexindex entre un evaluador experto y uno “inexperto”, 152
- 
- 8.1 Requisitos para un método ideal de evaluación de la flexibilidad, 167



# ÍNDICE ALFABÉTICO

Nota: La “f” y “t” que acompañan a los números de página hacen referencia a una figura o a una tabla, respectivamente. Las “ff” y “tt” que acompañan a los números de página hacen referencia a varias figuras o tablas en esa página.

## A

- AAOS (American Association of Orthopaedics Surgeons) 33, 34, 41, 167  
Abraham, LD 15  
acción articular compuesta 35  
acción articular simple 35  
actividades diarias, estudios de ejecución 163-165  
Adams, EJ 25  
Adams, JP 8  
Adrian, M 34, 47  
Albee, FH 32, 34, 41, 46  
Alexander, RE 11  
Almeida, LTP 12  
Al-Rawi, Z 23  
Al-Rawi, ZS 26  
Al-Rawi, ZT 45  
amplitud del movimiento (ROM)  
Alquier, M 32  
Allando, E 9, 11, 34  
Acasuso-Díaz, M 23  
ACSM (American College of Sports Medicine) 3, 4, 6, 14, 17, 31, 35, 167  
AAP (American Academy of Pediatrics) 20, 25  
Abramson, D 25  
Alter, MJ 3, 14, 16  
    articulación de la muñeca 26  
    cuantificación 4  
    efecto al caminar 18  
    goniometría 33  
    mediciones articulares del flexitest 135  
    normas 32  
    pasiva fisiológica 5  
    variabilidad en 137, 137t  
Andersson, GBJ 12  
Annals of the Rheumatic Diseases 21  
Ansell, BM 20, 21, 23  
Araújo, CGS 9, 13, 16, 18, 25, 51, 169  
Araújo, DSMS 25  
arco de movimiento articular 41  
Arkkila, PE 26, 28  
Armstrong, AD 34  
articulación  
    acción 35  
    hipermovilidad 20-22  
    mediciones 39  
    respuestas inflamatorias 7  
articulación temporomandibular 10  
artritis crónica 29  
artritis reumatoide juvenil 46  
Askling, C 30  
Atha, J 15, 150  
atletas, elite 118-123  
Aulicino, PL 23  
Azen, SP 9, 41

## B

- Babbitt, DP 29  
Bach, DK 27  
Bacon, PA 24, 44  
Badley, EM 35  
bailarines  
    flexibilidad y lesiones 30  
    niveles de flexibilidad 19-20  
    prolapso de la válvula mitral 24  
Baker, AA 173  
Baldini, FD 31  
Bandy, WD 14  
Barlow, J 14

- Barnett, CH 8
- Barrett, CJ 18
- Baughman, FA 11, 25
- Baum, J 21, 25, 44
- Beals, RK 11, 34
- Beighton, P 9, 11, 13, 20, 21, 25, 34, 44
- Beighton, puntuación 44
- Beighton-Hóran, criterio 21
- Bell, G 4, 41
- Bell, RD 13
- Benedetti, A 28
- Bennell, KL 20
- Berridge, M 9, 171, 173
- Bird, HA 11, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 44
- Biro, F 21, 25, 31
- Blanke, D 15
- Bohannon, RW 32, 34, 41, 42, 47
- Bohnen, M 13
- Boja, B 21
- Bonci, CM 35
- Boone, DC 9, 12, 41
- Borms, J 31
- Borms, J 35, 41, 46
- Bosco, JS 4
- Bouchard, C 6, 13, 17, 31
- Bower, KD 34, 41
- Brach, JS 18
- Brawley, LR 17
- Bressel, E 26
- Bridges, AJ 20
- Briggler, M 14
- Brinkman, JR 29
- Brodie, DA 18, 20
- Broer, MR 13
- Brown, DA 9, 41, 42
- Buck, CA 41, 42, 47
- Bulbena, A 24, 26
- Burke, DG 14, 43, 167
- Burley, LR 13
- Burton, KE 34
- Buschbacher, LP 14
- Bywaters, EGL 21, 23
- C
- cadera
- abducción 61f
  - aducción 60f
  - extensión 59f
  - flexión 58f
  - graduación práctica 85ff-88ff
  - guía de puntuación para practicar 111t-112tt
  - rotación, asimetría 27
- Calguneri, M 16, 25
- caminar, ROM, 18
- Campbell, RR 20, 26, 28
- Cantrell, EF 11
- Carter, C 33, 34, 44
- Carter, JEL 13, 20, 21, 23
- Carvalho, ACG 51
- Chalton, D 20
- Chandler, Tj 18
- Chang, DE 14
- Chaudet, NL 14
- Chaves, CPG 25, 51
- Chinn, CJ 12, 16
- Chiw, PK 21
- Chung, PK 173
- Church, JB 19
- ciclos biológicos 16
- Clarke, HH 35, 41, 44
- Clarkson, HM 41, 46
- Clayson, SJ 34, 46
- Clinics in Rheumatic Diseases 34
- CLINIMEX (Clínica de Medicina do Exercício) viii
- Cobbold, AF 8
- codo
- aducción/abducción 8
  - extensión 68f
  - flexión 67f
  - guía de puntuación para la práctica 111t-112tt
  - práctica de graduación 94ff-95ff
- coeficiente de correlación de Kendall 122
- coeficiente de correlación intraclase 114
- Coelho, CW 51
- Cohen, JL 24
- colágeno 7

Cole, TM 46  
 Collantes-Estevez, E 23  
 comparación de protocolos de flexibilidad 168t  
 condromalacia rotuliana 23  
 Conwell, HE 46  
 Coon, V 8, 34, 41  
 Cooper Institute for Aerobic research 31  
 Corbin, CB 6, 17, 18, 31, 35, 43  
 Corcos, DM 18  
 Cornbleet, SL 43, 44, 46, 173  
 Cornwell, A 19  
 corredores, niveles de flexibilidad 19  
 correlación producto-momento de Pearson 114  
 Cortez-Cooper, MY 36, 41, 43  
 Craib, MW 18, 19  
 Craig, CL 6, 17  
 Cranney, A 29  
 cristalinidad del colágeno 10  
 criterios científicos 172-174  
 criterios metodológicos 169-171  
 Culligan, CJ 14  
 Cureton, TK 3, 5, 17, 18, 31, 32, 34, 43, 48  
 curvas de percentil 115-123, 115t, 116-117f

## D

Danis, CG 34, 47  
 Darcus, HD 32  
 Day, S 31,35  
 De Felice, C 26  
 De Inocencio, J 23  
 De Vries, HA 14  
 Decoster, LC 18, 21, 35, 44  
 Denko, CW 21  
 deportes, niveles de flexibilidad 18  
 deportistas de elite 118-123, 121ff  
 deportistas, valoración de la flexibilidad 18-20  
 Dequeker, J 20  
 Deutsch, K 29  
 diabetes mellitus 28-29, 45  
 Dickinson, RV 4  
 Dickson, JA 26  
 Dillion, EK 32, 33, 34, 42, 46  
 Dillon, EK 36

disparidad de la puntuación articular 135f  
 Dobell, HC 13  
 Dockerty, D 13  
 dolor 23, 26-27  
 dolor de espalda 27  
 dolor lumbar 26-27  
 Dorinson, SM 33  
 Dorman, G 15  
 Drury, MI 26, 29  
 Dumas, GA 25  
 Dungy, CI 21  
 Dunham, WF 20, 33  
 Duró, JC 21  
 Duvall, EN 33, 41

## E

ectomorfia 13, 158  
 Edilich, RF 14  
 Einkauf, DK 9  
 test de ejecución, 36  
 ejecución, activa y pasiva 38  
 ejercicios aeróbicos 14  
 ejercicios balísticos 14  
 ejercicios de estiramientos. Véase también ejercicios de flexibilidad.  
     fuerza isométrica 19  
     incremento de los niveles de suero sanguíneo 30  
     práctica física 19  
     prevención de lesiones 29  
 ejercicios de flexibilidad  
     falta de datos 3  
     prevención de lesiones 29  
 ejercicios. Véase también ejercicios de estiramientos  
     aeróbico 14  
     balístico 14  
     dolor muscular 30  
 Einkauf, DK 9  
 El-Garf, AK 21  
 Elkins, EC 47  
 Ellenbecker, TS 18  
 Ellis, MI 34, 47, 150  
 Ellison, JB 26, 27  
 Elward, JF 31, 41

- embarazo e hipermovilidad 25
- endomorfa 13, 154
- entrenamiento de la flexibilidad 14-15, 18-20
- Epps, CH Jr 8
- erguido, con flexión limitada de rodilla 17-18
- Erickson, RP 34
- Eriksson, E 30
- escala de Carter-Wilkinson-Beighton 44
- escala interválica 113
- escala modificada de Carter y Wilkinson 44
- escala ordinal 113
- Escalante, A 18
- especificidad articular 37
- especificidad de flexibilidad 4-5
- especificidad de la flexibilidad del movimiento 38
- estabilidad 40
- estadística de kappa 39, 114
- estadísticas paramétricas 39
- estados de contracción muscular 8
- estados espásticos anormales 8
- estructuras articulares 7-8
- estudio de programa de ejercicio supervisado 165-166
- estudios de altura-peso 157-158
- estudios de autopercepción 160
- estudios de correlación 122
- estudios de dimorfismo lateral 154-155
- estudios de efecto del calentamiento 162-163
- estudios de fiabilidad 143-153, 144t 149t, 150f, 152f
- estudios de fiabilidad interobservador 143-150, 150f, 152f
- estudios de fiabilidad intrafotografía 150-153
- estudios de sentarse y levantarse del suelo 158-159
- estudios de variabilidad circadiana 156-157
- estudios del prolapso de la válvula mitral 161-162
- estudios de validez 153-154
- Etnyre, BR 15
- evaluación de la flexibilidad
  - clasificación 35-39, 37t
  - dinámica 35-36
  - en atletas 18-20
  - estática 35-36
  - historia 31-35
  - método ideal 167f
  - métodos 35-36
  - protocolos 36-40, 37t
  - razonamientos 31-32
  - sistema de clasificación 37t
- evaluación adimensional, 39, 44-46, 169-171
- evaluación directa 36
- evaluación indirecta 36
- Evans, PG 18
- Ewald, HL 26
- F
- facilitación neural propioceptica 14
- factibilidad 39
- Fahey, TD 4, 17, 31, 35, 41
- Faria, AG Jr 12
- Farinatti, P 9, 16, 19, 51
- Farrell, BJ 13
- Fatouros, IG 14
- Feinberg, JH 30, 35
- Feinstein, AR 44
- Feland, JB 14
- Feldman, DE 27
- Ferlic, D 12
- fiabilidad 39
- fibromialgia 23
- Fieldman, H 15
- Finley, FR 34, 47
- Finsterbush, A 23
- Fisher, T 11
- Fisk, GH 32
- Fitzcharles, GA 28
- Fitzgerald, GA 26, 29, 34, 41
- Fleckenstein, Sj 17-18, 34-35
- Fletcher, GF 17
- flexibilidad dinámica 35-36
- flexibilidad estática 35-36
- flexibilidad. Véase también *movilidad articular*
  - avances en la evaluación v-vii
  - contribuciones históricas 34
  - cuantificación 6-7
  - definición 4-5, 52

- deportistas de élite 18-20  
 efecto del ciclo biológico 16  
 factores morfológicos 12-13  
 falta de datos 3  
 la edad como factor 8-10  
 lateral 12  
 material presentado 34-35  
 prevención de lesiones 29  
 sexo 10-11  
 sinónimos 5  
 visión general 3  
 y herencia 15  
 y temperatura 15-16
- flexindex. Véase también *análisis del flexitest*  
 deportistas 121ff  
 disparidad de la puntuación articular 135f  
 percentiles de hombres 119t  
 percentiles de mujeres 120t  
 sobre 74-75  
 variables que afectan 121-122
- flexión plantar 41
- flexión 7 Véase también *flexibilidad*
- flexitest  
 categorías de investigación 143  
 culturistas 178-179, 178t  
 curvas de percentil por sexo 113-122, 116f-117f  
 datos de ejemplo 139-140, 139t  
 deportistas de elite 118-123, 121ff  
 estadística paramétrica 122-123  
 estandarización 75  
 evaluación deportiva apropiada 78  
 expresión de la evaluación 115t  
 facilidades de evaluación 75-77  
 flexogramas 122-123, 124ff-134ff  
 grupos de resultado 122-123  
 guía de puntuaciones 111t-112tt  
 hombre con afección cardíaca grave 182, 182t  
 hombre con síndrome plurimetabólico 179-180, 179t  
 interpretación de resultados 139-140  
 jugador de voleibol 176-177, 177t  
 mapas de evaluación 54f-73f  
 material adicional de entrenamiento 79, viii  
 materiales científicos 144t-149t  
 mediciones discontinuas 113  
 metodología 51-53, 74, 78  
 mujeres con prolapso de la válvula mitral 180, 180t  
 niños con broncospasmos 183, 183t  
 objetivos del v  
 participantes en el viii  
 práctica de puntuación 81ff-100ff  
 programa de ejercicio individual 181, 181t  
 público intencionado vii  
 puntuación de los movimientos 79  
 registro de procedimientos 77-78  
 secuencia del movimiento 101ff-110ff  
 sistema de graduación 52-53  
 tenista 175-176, 176t  
 terminología estadística 113-114  
 tiempo 78  
 valores de referencia 137t  
 veinte movimientos 52t, 54f-73f  
 ventajas 171-174  
 visión general 175
- flexogramas 122, 124, 127ff-138ff
- Forleo, LH 21
- Fortier, MD 9
- fosa olecraniana 8
- Fossaluzza, V 28
- Fowles, JR 19
- Franklin, Barry v-vi
- Fredriksen, H 34
- Fukunaga, T 15
- Foster, C 47f
- flexómetro 47, 48f
- Frost, M 15
- G
- Gabriel, M 30
- Gajdosik, RL 32, 34, 38, 42
- Galles, NR 13
- Gardner, AW 31
- Gedalia, A 20, 23, 44
- Gerber, NJ 22

Gersten, JW 6, 17  
 Gewanter, HL 21, 25, 44  
 Gilbert, CB 20  
 Gilliland, AR 8, 32, 34, 41, 46  
 Gillis, K 42  
 Gillquist, J 14  
 gimnastas y dolor de espalda 27, 30  
 Glanville, AD 12, 32, 41  
 Gleim, GW 19, 29, 35  
 Glowacki, C 19  
 Göeken, LNH 15  
 Gogia, PP 34  
 Goist, HL 17, 21  
 Goldberg, B 11, 45  
 Goldman, Ja 23  
 goniometría 41, 167  
 goniómetro pendular 47f  
 goniómetro transportador 47f  
 goniómetros 46, 47f  
 Grahame, R 3, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 44  
 Grana, WA 11  
 Gratacos, M 22  
 Greally, JF 26, 29  
 Grgic, A 28, 29  
 Gross, MT 20  
 Grünewald (artista) 20  
 Gurewitsch, AD 9, 32, 33, 43  
 Gustafson, WF 4

## H

Haas, SS 8  
 Haddad, PCS 51  
 Hahn, T 18  
 Halbertsma, JPK 15  
 Hall, MG 26  
 Hamilton, GF 15  
 Handler, CE 20,24  
 Harreby, M 26  
 Harris, ML 4, 17, 31, 34, 35, 38, 170  
 Hartig, DE 30  
 Hasan, Z 18  
 Haskard, D 31, 35  
 Hasson, A 24

Hauer, K 6  
 Haznedaroglu, S 23  
 Hazuda, HP 18  
 Heath, BH 13  
 Hellebrandt, FA 33  
 hemofilia 29  
 Henderson, JM 30  
 Hensal, FJ 35  
 Herbert, RD 30  
 herencia y flexibilidad 16  
 Hershler, C 32, 47  
 hidrómetro 46  
 hiperextensibilidad de tejido capsular 23  
 hiperextensión 41  
 hiperflexibilidad del pulgar 26  
 hiperlaxitud 9  
 hipermovilidad
 

- características históricas/fisiológicas 22
- criterio 44
- dedo 21f
- en lesiones 23-24
- en niños con síndrome de Down 25
- entidades clínicas 26-29
- familiar 20-21
- fibromialgia 23
- plasmada en el arte 20
- prevalencia 22
- prolapso de la válvula mitral 24
- signos predominantes en niños 23
- síndrome de hipermovilidad

 Hipócrates 3  
 hipomovilidad y síntomas psiquiátricos 26-29, 27f  
 Hirschland, RP 32, 33, 42  
 Hirst, P 25  
 Hoffer, MM 8  
 Holt, LE 14, 167  
 Holland, GJ 6, 17, 18, 34, 35  
 hombro
 

- aducción posterior 69f
- abducción posterior o extensión 70f
- extensión posterior 71f
- gradiente de práctica 96ff-100ff
- guía de puntuación para la práctica 111t-112tt

rotación lateral 72f  
 rotación medial 73f  
 homogeneidad de medición de la flexibilidad 136  
 Hopkins, R, 10, 35  
 Hóran, F 20, 33, 34, 43  
 Hornak, JE 4, 35  
 Hoshizaki, TB 41  
 Hsieh, CY 42  
 Hubley, CL 15  
 Hudson, N 23  
 Hui, SS 43  
 Human Kinetics 16  
 Hutton, RS 15

## I

identificación de descubrimiento 42  
 IMM (Índice de masa muscular) 13  
 inclinómetro 46  
 indicadores de tendencia central 113  
 indicadores de variabilidad 113  
 índice de variabilidad distal-proximal (IVDP) 137t,  
 138  
 índice de variabilidad entre segmentos (IVES) 138,  
 137t  
 índice de variabilidad flexión-extensión (IVFE)138  
 índice de variabilidad Interarticulación (IVIA) 137,  
 137t  
 índice de variabilidad intermovimiento (IVIM)137,  
 137t  
 Insel, PM 4, 17, 31, 35, 41  
 instrumentos de medición de ángulos 46-48, 47f  
 Irion, JM 14  
 isquiotibiales, estudio de fuerza 158-161  
 isquiotibiales, tendones 27  
 IVDP 137t, 138  
 IVES 138, 137t  
 Ives, EJ 21  
 IVFE 138  
 IVIA 139, 137t  
 IVIM 137, 137t

## J

Jackson, AW 27, 35, 43, 173

James, B 25  
 Jenkins, JM 19, 24  
 Jessee, EF 20, 21  
 Johns, RJ 7, 33, 35, 47  
 Johnson, RP 29, 35, 44, 48  
 Jones, CJ 17, 18, 34, 163  
 Jönhagen, S 30  
 Jónsson, H 21  
 Journal of Biomechanics 17  
 jugadores universitarios de fútbol americano 33

## K

Kadir, N 47  
 Kandel, MJ 6  
 Kanehisa, H 15  
 Kantola, IM 26, 28  
 Kapandji, IA 6  
 Kaplinsky, C 26  
 Karaaslan, Y 23  
 Karpovich, GP 33-34, 47  
 Karpovich, PV 33, 34  
 Katzmarzyk, PT 6, 16, 17  
 Kautiainen, H 20, 21  
 Keats, TE 11  
 Keeney, CE 14  
 Kell, RT 4  
 Kelliher, CE 11  
 Kendall, FP 9, 33, 34  
 Kendall, HO 9, 33, 34  
 Kennedy, L 26, 28  
 Kent, BE 12, 16  
 Kettelkamp, DB 34, 47  
 Key, JA 20  
 Khan, KM 20  
 Khong, KS 21  
 Kippers, V 44  
 Kirby, RL 12, 16, 17-18, 27, 30, 35  
 Kirk, JA 21, 23  
 Klemp, P 19, 21, 24  
 Klug, KB 20  
 Knudson, DV 18, 19  
 Kokkonen, J 19  
 Kornberg, M 23

Kottke, FJ 9, 34-35, 41, 42, 47  
Kozey, JW 15  
Kraus, H 32, 33, 34, 43  
Kreezer, G 12, 32, 41  
Krivickas, LS 30, 35  
Krusen, FH 32, 46  
Kubo, K 15  
Kuchibhatla, M 6  
Kujala, UM 26, 27  
Kulkarni, J 24  
Kuo, L 44  
Kusnitz, I 14

## L

Lankhorst, GJ 26, 28  
Larsson, LG 21  
Laubach, LL 13  
Learmonth, ID 20, 24  
Lee, EJ 18  
Lefevre, J 9  
legibilidad transportadora 47  
Lehnhard, HR 9  
Leighton, JR 5, 9, 18, 33-34, 38, 41, 46, 170  
Len, C 26, 29, 46  
lesiones de las extremidades inferiores 29-30  
lesiones relacionadas con la flexibilidad 28-30  
Leupp, M 21  
LeVeau, BF 32, 34, 42  
Lewkonia, RM 20, 23  
Lichtenstein, MJ 18  
ligamentosa  
    hiperextensibilidad de los tejidos 23  
    hiperlaxitud 25  
    laxitud 9, 22, 29  
limitación de la amplitud del movimiento 41-42  
Livingstone, B 25  
Looney, MA 43  
Louden, JK 17, 21  
Loudon, KL 17  
Lundbzaek, K 28  
Lusin, G 42  
Lysens, R 29

## M

MacDougall, JD 19  
MacLeod, DA 17-18, 35  
Macrae, IF 9, 33, 44  
Madácsy, L 28  
Magnusson, SP 15, 18, 19, 22, 35, 150, 172  
Mahgoub, EH 21  
Mahmoud, GA 21  
Malcolm, AD 24  
Marfan, ABJ 3  
Marks, JS 24  
Maron, BJ 21  
Martin, JR 21  
Martin-Santos, R 26  
Massey, BH 14  
Mathews, DK 4, 13  
Mattiason, A 20  
Maud, PJ 36, 41, 43, 47f  
McAtee, R 14  
McConville, JT 13  
McHugh, M 18, 19, 29, 35  
McIntosh, LJ 26  
McLean, TJ 34  
McMaster, WC 30  
McNair, PJ 26  
medición del arco de movimiento 41-42  
mediciones angulares 38, 167  
mediciones antropométricas 12  
mediciones lineales 39  
Merrit, JL 34  
mesomorfia 13, 159  
método de Schober 33  
método ideal de evaluación de la flexibilidad 167f  
métodos adimensionales 39, 44-46, 169-171  
métodos de evaluación angular 41-42  
métodos de evaluación lineal 42-44  
metroterapia 32  
Michels, E 34  
Mielenz, TJ 34, 47  
Mikkelsen, M 20, 21, 23  
Miller, WC 32, 46  
Miller, WC 9, 41, 42  
Moll, JM H 9, 11, 44

Moller, M 14, 15  
 Montelpare, W 9, 171, 173  
 Moore, MA 12, 15, 34, 41, 42, 46  
 Moore, ML 33  
 Moretz, JA 11  
 Morey, M 6, 14  
 Mors, NP 25  
 Moustaki, M 21  
 movilidad articular. Véase también *flexibilidad*  
   actividad física 14-15  
   definición 6  
   diferencias de sexo 10-12  
   en tenistas 12  
   factores limitantes 4-5, 7-8, 18, 46  
   influencias 8-12  
   mediciones 12  
 movilidad del hombro en deportistas 118-122  
 movilidad pasiva 138-139, 135  
 movilidad. Véase también *movimiento*  
   estándares para bebés 8  
   índice de variabilidad 137  
   lateral 12  
   limitaciones 7-8  
   tests prenatales 26  
 movimiento 6-8, 18  
 movimientos corporales múltiples 38  
 Mudholkar, CG 21  
 Mundale, MO 9, 34, 41, 47  
 muñeca  
   extensión 7, 66f  
   flexión 65f  
   gradiente de práctica 92ff-93ff  
   guía de puntuaciones de práctica 111t-112tt  
   ROM articular 26  
 Murdoch, JKL 25  
 Murray, MP 10, 34  
 músculo esquelético 7

## N

Nahir, AM 21, 23  
 Natrass, CL 27  
 Nef, W 22  
 Nelson, AG 18, 19, 35, 44, 48

Nemeth, G 30  
 Nemethi, CE 12, 33  
 Nessian, AH 23  
 New England Journal of Medicine 34  
 Nicholas, J 7, 19, 31, 33, 38, 45  
 Nienaber, CA 25  
 niños diabéticos 28  
 Noacco, C 28  
 Noble, L 6, 31, 35, 43  
 Nobrega, A 9  
 Noer, HR 47  
 Norkin, CC 41  
 nosología de Berlín 21  
 Nowak, E 11  
 Noyes, FR 20, 34  
 Nygaard IE 19

## O

Oberg, B 12, 14, 18  
 O'Driscoll, SL 15  
 Ondrasik, M 24  
 O'Neill, MA 9, 32, 33, 43  
 Owen, DS 20, 21  
 Ozturk, M 23

## P

Pal, B 26  
 Palma, A 51  
 parálisis infantil 32  
 Parker, AW 25, 44  
 Pate, RR 17, 31  
 Pável, Roberto 51  
 Pelham, TW 43, 167  
 Pellecchia, GL 34, 41, 47  
 Pepin, M 22  
 Pereira, MIR 19, 51  
 Pérez, AJ 51  
 perfil de movilidad articular pasiva 136  
 Perry, JV 29  
 Phelps, GS 26  
 Phillips, DA 4, 11, 35  
 Physical Therapy Review 33  
 Physiological Assessment of Human Fitness 48f

- Pitcher, D 20, 24  
 Plowman, SA 43  
 Poggrund, H 23  
 poliomyelitis 32  
 Pountain, G 44  
 Pratt, DR 47  
 prolapso de la válvula mitral 24  
 prolapso genitourinario 26  
 proteína elastina 7  
 protocolo de evaluación de la flexibilidad de Nicholas 45, 45t  
 protocolos de evaluación 33  
 puntuaciones de movilidad 74  
 Punzi, L 24  
 Pyeritz, RE 25, 44  
 Pollock, ML 6, 17  
 Potter, P 10, 32, 34  
 Priest, JD 12, 16
- Q
- Quinney, A 4  
 Qvindesland, A 21
- R
- Rajapaske, CN 24  
 recién nacidos, tono muscular 10  
 Reid, DC 20  
 Reid, J 20  
 Reid, JG 25  
 Reilly, T 4, 8, 31, 35  
 Rejeski, WJ 17  
 resistencia de movimiento 6-8  
 Reynolds, PMG 34  
 rezende, AR 12  
 Ricardo, DR 13  
 Richardson, C 29  
 Richmond, DH 25  
 rigidez 4  
 Rikken-Bultmann, DG 13, 21, 44  
 Rikli, RE 17, 34  
 Roaas, A 12  
 Roberts, A 30  
 Roberts, SM 25
- rodilla  
 extensión 57f  
 flexión 56f  
 graduación práctica 83ff-84ff  
 guía de puntuaciones para la práctica 111-112tt  
 restricciones 17-18  
 ROM 29  
 Rodríguez, Y 24  
 Rose, SJ 26, 27  
 Rosenberg, R 26  
 Rosenbloom, AL 20, 26, 28, 31, 34, 45  
 Ross, WD 13  
 Rossi, P 28  
 rotación lateral 41  
 rotación lateral de cadera 28  
 rotación medial 41  
 rotación medial de cadera 28  
 Roth, WT 4, 17, 31, 35, 41  
 Rozzi, SL 18  
 Rubens (artista) 20  
 Rusk, HA 12  
 Russek, LN 17, 21, 22, 24
- S
- Sabari, JS 34, 42  
 Sady, SP 15  
 Sagar, KB 20, 21  
 Sahmann, SA 26, 27  
 Sale, DG 19  
 Salminen, JJ 20, 21  
 Salter, N 32-33, 41  
 Saltzman, CL 19  
 Sanchez-Guijo, P 23  
 Sapega, AA 7, 15  
 Scharf, Y 21, 23  
 Schenker, AW 33, 47  
 Schenkman, M 6  
 Schmidt, GJ 43  
 Schnapf, BM 28  
 Science of Flexibility 16  
 Semine, AA 25  
 sensibilidad técnica 40  
 Seow, CC 21

- Shaw, V 13  
 Shephard, RJ 9, 171, 173  
 Shinabaerger, NI 28  
 Shrier, I 29  
 Shumaker, SA 17  
 Sidaway, B 19  
 Siegler, S 34, 47  
 signo de Rosenbloom 153  
 Silman, AJ 31, 35  
 Silva, LPS 51  
 Silverman, S 9  
 Simmons, RW 28  
 síndrome de Down 25  
 síndrome de Ehlers-Danlos 3, 8, 23  
 síndrome de Marfan 24  
 síntomas musculoesqueléticos 22-23  
 síntomas psiquiátricos e hipomovilidad 25, 26-29, 27f  
 sistema de clasificación de dieciocho criterios 37t  
 sistema locomotor 3  
 Skinner, JS 31  
 Smahel, Z 9, 11, 12  
 Smerdely, PA 18  
 Smith, E 20, 30, 35  
 Smith, JA 16  
 Soares, PPS 51  
 Solomon, L 9, 11, 21, 34, 44  
 somatotipología 12-13  
 Soskolne, CL 9, 11, 13, 21, 34, 44  
 Stachenfeld, NS 19  
 Stanish, WD 15  
 Starkman, H 28  
 Stasch, WH 7  
 Steel, FLD 33  
 Stillman, BC 173  
 Stoddard, TA 30  
 Stoedefalke, KG 4, 12  
 Storms, H 33, 41  
 Stowe, J 11, 150  
 Stratford, P 34  
 Stuckey, LA 15  
 Sturkie, PD 21  
 Sugahara, M 9  
 Suni, JH 31  
 Sutro, CJ 22, 28, 33  
 Sweetnam, R 20, 21, 23
- T
- Taunton, JE 14  
 técnica de Kraus-Weber 11  
 técnica de Leighton 42, 167, 171  
 técnica de Nicholas de valoración de la flexibilidad 11  
 técnica del flexómetro, Leighton 33  
 técnicas de análisis 114  
 tensión elástica 7  
 terminología estadística 113-114  
 Tesis Máster de Moore 33  
 test de Beighton-Hóran 153-154, 169, 170, 172, 173  
 test de Cureton 167  
 test de Kolmogorov-Smirnov 114  
 test de la t de Student 122  
 test de Mann-Whitney 122  
 test de Nicholas 169, 171  
 test de Rosenbloom 169  
 test de Wilcoxon 122  
 test sit-and-reach 43, 167  
 tests absolutos 35  
 tests angulares 167  
 tests relativos 35  
 Thomas, JS 18  
 Tincello, DG 25  
 Tiorg, JS 35  
 TMJ 10  
 tobillo  
   dorsiflexión 11, 54f  
   dorsiflexión del tobillo 41  
   flexión plantar 55f  
   guía de puntuación para la práctica 111t-112tt  
   lesión de tobillo 23  
   páginas de práctica de graduación 81ff-82ff  
   toe touch 43  
   tolerancia al estiramiento 15  
 Tomenson, J 14  
 Tomlinson, JDW 33

- torque 35  
Travers, PR 18  
Traversi 20  
Tribe, CR 24, 44  
tronco  
    extensión 63f  
    flexión 7, 62f  
    flexión lateral 64f  
    gradiente de práctica 89ff-91ff  
    guía de puntuaciones para la práctica 111t 112tt  
    valoración de la movilidad 43-44  
Tsanaktsi, M 21  
Tschernogobow, A 3  
Tucci, SM 35  
Tuinman, M 21  
Tully, EA 173  
Tyler, TF 30, 35  
Tyrance, H 13
- V
- validez 40  
validez de instrumentos de medición 173  
valoración cardiovascular 24  
valoración del espasmo muscular 32  
valores de referencia 137t  
Van Bolhuis, AI 15  
Van De Stadt, RJ 26, 28  
Van Der Korst, JK 26, 28  
Van Dongen, PW 13, 21, 44  
Van Heuvelen, MJG 17  
Van Roy P 31, 35, 41, 46  
Vanfraechem, JHP 16, 51  
VanSwearingen, JM 18  
Vega, E 21  
Veliskasis, KP 24  
Verhoeven, JJ 21  
Veteranos de la I Guerra Mundial 41  
Viikari, JS 26, 28  
Von Kodolitsch, Y 25  
Vougiouka, O 21
- W
- Wagner, ML 33-34, 47  
Wainerdi, HR 47  
Walker, BA 25  
Walker, JM 42  
Watson, AWS 14  
Waugh, KG 8, 34  
Weber, S 33, 43  
Weiss, M 47  
Wellink, L 13, 44  
Wells, KF 32, 33, 34, 38, 43, 48  
West, CC 32  
Westling, L 20  
Wheatley, DW 15, 150  
White, DJ 41  
White, J 41  
Wiechec, FJ 32, 46  
Wiesler, ER 30  
Wilkinson, J 33, 44  
Williams, P 7  
Wilmer, HA 47  
Wilson, GD 7  
Wilson, PD 25  
Wolf, SL 11  
Wood, OHL 21  
Wood, PHN 35  
Woods, JB 13, 41  
Woolsey, NB 43, 44, 46, 173  
Wordsworth, P 21  
Wortman, M 15  
Wright, V 7, 9, 10, 16, 18, 20, 25, 33-34, 35, 41, 44, 48  
Wynne-Davies, R 9, 21, 24
- Y
- Yuen, PY 43, 173