

FITNESS CARDIORRESPIRATORIO en la infancia y la adolescencia



Tomás Reyes Amigo
Johana Soto Sánchez



Universidad de
Playa Ancha
Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte

FITNESS CARDIORRESPIRATORIO EN LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA

Tomás Reyes Amigo & Johana Soto Sánchez

1ª Edición, Valparaíso 2021



Universidad de
Playa Ancha
Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte

**FITNESS CARDIORRESPIRATORIO
EN LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA**

Reyes Amigo, Tomás
Soto Sánchez, Johana

ISBN: 978-956-404-114-8
Registro Propiedad Intelectual: 2021-A-6783

Derechos Reservados

Diseño de Portada: Carolina Delgado Raggio
Diagramación: Departamento de Diseño & Imprenta,
de la Universidad de Playa Ancha.
Primera edición digital, Valparaíso 2021

Se autoriza la reproducción parcial o total, por cualquier medio gráfico
de este libro citando debidamente su fuente.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Avenida Playa Ancha 850, Edificio Puntángelos,
cuarto piso. Valparaíso - Chile
Casilla 34-V
Teléfono: (56) (32) 2205115

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a estudiantes de la carrera de Pedagogía en Educación Física de la Universidad de Playa Ancha, por su colaboración en la realización de este libro.

Javier Cortez Moyano
Brenda Jiménez Balladares
Fernanda Leyton Aguirre
Ana Loyola Maripangui
Yasna Moya Muñoz

PRÓLOGO

La información científica disponible acerca de los efectos benéficos de la actividad física y el ejercicio se ha extendido ampliamente en nuestros días y por tanto no es posible disociarlos de la salud. Es también reconocido que los niños son quienes heredan y lideran el futuro que vamos creando para ellos. Es en este sentido que el avance tecnológico y los estilos de vida modernos han provocado en nuestra población infantil un problema de salud pública, ya que las cifras de sedentarismo y malnutrición por exceso han crecido en forma alarmante, desbordando todos los esfuerzos para su control. Un niño que se mueve menos de lo recomendado por los especialistas, tiene muchas posibilidades de empeorar su salud y convertirse en un adulto enfermo. Uno de los indicadores más potentes, por su nivel de evidencia científica en el riesgo de morbi-mortalidad de la población, es el fitness cardiorrespiratorio. Este «signo vital» debe ser prioritario en la valoración del estado de salud de la población infanto-juvenil. En este libro los autores abordan en forma profunda y a la vez con un tremendo sentido práctico, tanto los fundamentos, las formas de valoración, así como estrategias de entrenamiento para el desarrollo del fitness cardiorrespiratorio en la población objetivo. El lector encontrará, además contenido sobre el proceso de crecimiento, desarrollo y maduración para contextualizar y evidenciar las diferencias en el grupo etario al cual se pretende evaluar e intervenir. También se presenta contenido sobre el metabolismo energético en esta población, condición relevante para la adecuada prescripción del ejercicio respetando la fisiología del niño y adolescente.

Este libro será, sin duda, pieza fundamental de consulta para profesionales de la actividad física y la salud, esperando que se convierta en material de referencia como parte de la formación de distintos grupos que tienen como objetivo conseguir mejorar la salud de nuestra población infanto-juvenil a través del aumento de la actividad física y mejora del fitness cardiorrespiratorio.

Dr. Jorge Cancino López

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	7
Capítulo 1. CRECIMIENTO, DESARROLLO Y MADURACIÓN	9
Capítulo 2. ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL	18
Capítulo 3. METABOLISMO ENERGÉTICO EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL	22
Capítulo 4. ¿QUÉ ES EL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO?	31
Capítulo 5. MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DEL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO	40
Capítulo 6. MONITOREO DE LA INTENSIDAD	48
Capítulo 7. VALORACIÓN DEL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL	56
Capítulo 8. PRINCIPIOS Y PLANIFICACIÓN EN EDAD INFANTIL	62
REFERENCIAS	67

INTRODUCCIÓN

En la población infantil, cada día tiene mayor importancia el desarrollo del fitness cardiorrespiratorio debido a sus numerosas ventajas, ya sea, desde el punto de vista cardiovascular, respiratorio, metabólico, nervioso (desarrollo motriz neural) o cognitivo, por lo que su mejora es realmente importante en el progreso multisistémico del ser humano. Claramente, existen diferencias relevantes en las capacidades de niños, niñas y adolescentes (NNA) al ser comparadas con adultos o adultas. Por ello, surge la necesidad de entrenar o estimular el fitness cardiorrespiratorio en diferentes edades. Generalmente, a la población comprendida por adultos y adultas se les recomienda que realicen ejercicio aeróbico con estándares de 30 a 40 minutos de duración, de intensidad baja a moderada, y con una frecuencia de, mínimo, 3 veces por semana. Con respecto a los métodos de entrenamiento, la bibliografía actual señala que tanto el método continuo como el de intervalos producen adaptaciones cardiorrespiratorias y metabólicas. Sin embargo, en términos de mejorar la performance de competición, el método de intervalos parece ser más efectivo. En cambio, en los NNA la evidencia muestra que realizar ejercicios diarios de tipo intermitentes e intervalados de alta intensidad son los más adecuados por la naturaleza de los estímulos. En concordancia a lo anterior, es que resulta fundamental indicar que, para obtener los beneficios asociados al ejercicio físico, en primer lugar, se debe determinar la población que desarrollará el programa de entrenamiento o actividad física según sea el objetivo de la prescripción para, así, establecer variables específicas del entrenamiento aeróbico como la intensidad, la frecuencia, el volumen, la duración y el método.

Si bien, la aplicación de estímulos físicos debe ser individualizada, el presente libro busca entregar conceptos básicos acerca del fitness cardiorrespiratorio, además de directrices generales en cuanto a su desarrollo.

El primer capítulo revisa aspectos generales del crecimiento, desarrollo y la maduración del ser humano. El segundo capítulo incorpora información actual de la actividad física infantil. Posteriormente el tercer capítulo señala la importancia y las diferencias del metabolismo energético. El cuarto capítulo aclara conceptos sobre el fitness cardiorrespiratorio. Luego, el quinto capítulo aborda los principales métodos para el desarrollo

del fitness cardiorrespiratorio. El sexto capítulo incluye formas de monitoreo de la intensidad del esfuerzo físico para una mayor efectividad del estímulo. A continuación, el séptimo capítulo entrega información en relación con la valoración del fitness cardiorrespiratorio. Finalmente, el octavo capítulo presenta los principales principios de cómo abordar el entrenamiento en edad temprana.

Capítulo 1.

CRECIMIENTO, DESARROLLO Y MADURACIÓN

El crecimiento y desarrollo son aspectos de gran relevancia para el ser humano. En este contexto, se observan diferentes etapas, que paulatinamente se van expresando en el desarrollo general de las personas.

La infancia, corresponde a un período muy importante de la vida que abarca de los 0 a los 9 años, que puede ser subdividido de acuerdo a diversos cambios físicos, fisiológicos, psicológicos y cognitivos en: 0 a 3 años, 4 a 6 años y de 7 a 9 años. A los 2 años la mayoría de los niños y niñas caminan con soltura y dicen sus primeras palabras junto con reconocer su nombre. Una de las particularidades de esta fase es la curiosidad, lo cual lleva al niño o niña a explorar y manipular su mundo, empezando por su cuerpo y siguiendo con los objetos externos. La niñez, es considerada el período desde los 5 años hasta el inicio de la adolescencia, y coincide con la escolarización o ingreso del niño o niña en la escuela, lo que significa la convivencia con más seres humanos de su misma edad y, por lo tanto, iguales en derechos, deberes y requerimientos de atención. La adolescencia, presenta la dificultad en la determinación de su inicio en años cronológicos, ya que se caracteriza por ser la etapa en la que se adopta paulatinamente la forma adulta. En este sentido, los cambios hormonales, específicamente de las hormonas esteroideas, darán paso a las distintas etapas de la maduración puberal, descritas previamente por Tanner & Whitehouse (1976), las cuales son consideradas, hasta el día de hoy, para determinar tanto la edad biológica como cronológica de adolescentes. Resulta importante destacar que en esta etapa influyen aspectos genéticos, étnicos y malnutrición por exceso.

La determinación de la progresión del ser humano es indagada por equipos multidisciplinarios en donde participan pediatras, nutricionistas, endocrinólogos, entre otros, quienes colaboran con la información necesaria para indicar hitos claves del crecimiento, desarrollo y maduración. Dichos hitos están determinados principalmente por la interacción de la edad cronológica, con antecedentes genéticos y aspectos psicológicos (Altamirano-Bustamante, Valderrama-Hernández, & Montesinos-Correa, 2014).

De acuerdo a Torres (2002) el crecimiento y desarrollo son 2 conceptos que no deben ser considerados como homólogos. El crecimiento, es un indicador de maduración y corresponde al incremento cuantitativo de los órganos y estructuras corporales. Es posible conocer sus indicadores a través de observaciones y mediciones repetidas con intervalos regulares de tiempo en razón a los datos que se interpretan en gráficas que muestran curvas estandarizadas. Por otra parte, el desarrollo, hace referencia a la calidad de la evolución, es decir, al grado de diferenciación y especialización de las diferentes estructuras corporales, por lo que, resulta muy difícil cuantificarlo y está muy relacionado con la adquisición de funciones con aumento de la complejidad bioquímica y fisiológica a través del tiempo, por tanto, comprende fenómenos de maduración y adaptación.

El desarrollo y el crecimiento se realizan con respecto a una serie de principios, el primero relacionado con la idea de que estos procesos van de lo general a lo específico, presentan continuidad, progresión y amortiguamiento y se genera en direcciones, tales como, la dirección cefalocaudal, proximodistal, entre otras. En etapas iniciales de la vida, tienen su máxima rapidez y disminuyen gradualmente hasta estabilizarse en la vida adulta.

En el campo del crecimiento y desarrollo existen 2 variables antropométricas de gran utilidad para estimar el ritmo de cambio del ser humano, esto hace referencia a la medición de la estatura y al peso.

La estatura (centímetros por año) y el peso corporal (kilogramos por año), se caracterizan por aumentar rápidamente los primeros 2 años de vida. Luego continúan en un ascenso constante, pero con un grado menor de velocidad hasta llegar a la pubertad. Tanto la estatura como el peso en la pubertad son fuertemente influenciados por una importante secreción de hormonas (hormona del crecimiento, testosterona, catecolaminas e insulina), las cuales son secretadas en altas concentraciones durante este período (Molina, 2009).

En términos generales, el ritmo máximo de crecimiento en las niñas es aproximadamente a los 12 años, mientras que en los niños es a los 14 años. Respecto a la estatura definitiva en las adolescentes, es de alrededor de los 16,5 años, mientras que los adolescentes la alcanzan a los 18 años, sin embargo, existen variables como el ejercicio físico y la práctica deportiva que contribuyen al ritmo de crecimiento. En este sentido, ha sido observado que estas variables dependen del impacto en deportes como, gimnasia artística, fútbol, básquetbol y vóleybol, los cuales han sido reportados como aquellos que estimulan en mayor medida los índices de crecimiento (Tenforde & Fredericson, 2011).

Desde la década de los 60, comenzaron a ser publicados estudios relacionados con el crecimiento en la población pediátrica. En este sentido, Tanner en el año 1976, publica las primeras curvas de crecimiento, donde se puede inferir algunos cambios a nivel de composición corporal informando (Figura 1) acerca del proceso de crecimiento en el período de edad comprendido entre el nacimiento y los 19-20 años, resaltando los momentos más característicos en donde existe un aumento en la velocidad de los cambios de la estatura, el peso y, por tanto, del crecimiento.

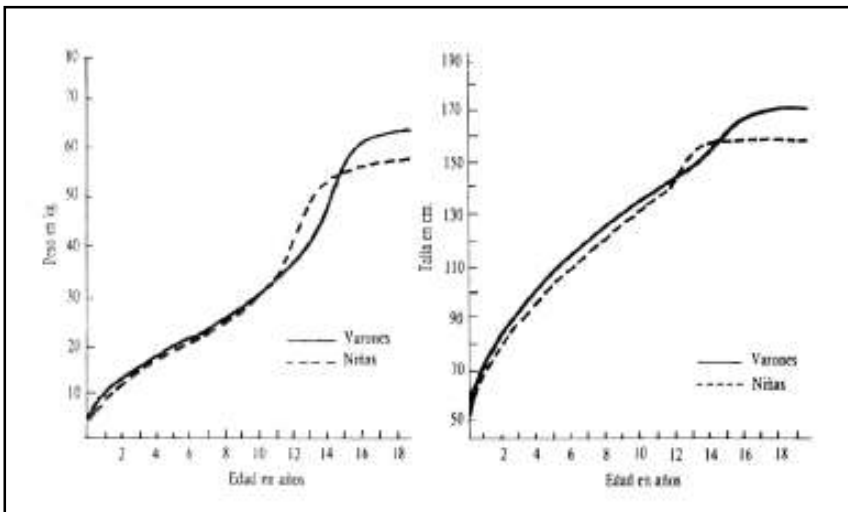


Figura 1. Curvas típicas de velocidad de crecimiento en peso y estatura, según Tanner.

Actualmente, ha sido reconocido que estos trabajos presentaban el sesgo, que se evaluó a la población pediátrica, creciendo en condiciones tanto favorables como desfavorables y, por lo tanto, estas curvas no permiten comparar hoy en día a este grupo. En este sentido, desde el año

1986 la Organización Mundial de la Salud (OMS) consolida un sistema de monitoreo del crecimiento de NNA, generando a partir de esa fecha, una base de datos mundiales la cual ha ido paulatinamente entregando información sobre estándares de crecimiento. En el año 2006, a partir de un estudio multicéntrico realizado por este organismo, se pone a disposición de la comunidad un documento que contiene los patrones de crecimiento de niños y niñas menores de 5 años en condiciones ideales. Por otra parte, el año 2007 son publicados los estándares para NNA mayores de 5 años a partir de una reconstrucción de datos del año 1977. De acuerdo con lo anterior, existen curvas que permiten analizar la estatura y el peso de forma independiente conforme a la edad en meses y años, así como, un análisis del índice de masa corporal, expresado en puntaje Z (puntuación estándar). Con esta información, se puede categorizar si el estado nutricional está siguiendo una tendencia de normalidad o se encuentra orientado hacia una malnutrición por déficit o por exceso. La Figura 2, muestra las curvas de crecimiento en relación al peso corporal y la estatura, a través de un índice de superficie corporal, denominado índice de masa corporal (IMC).

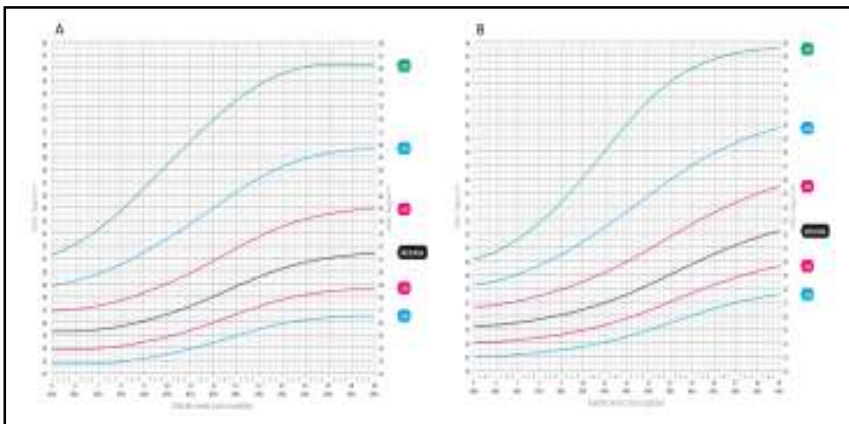


Figura 2. Curvas de crecimiento en base al Índice de Masa corporal. A: Índice de Masa corporal niñas y adolescentes 5 años 1 mes a 19 años; B: Índice de Masa corporal niños y adolescentes 5 años 1 mes a 19 años. Ministerio de Salud, Chile (2018).

El crecimiento está vinculado con numerosos cambios morfológicos y funcionales propios de las etapas del desarrollo (Latorre & Herrador, 2003). Son muchos los cambios que ocurren en el cuerpo durante esta etapa, sin embargo, en este libro solo se abordarán los cambios en los

tejidos vinculados con el *fitness cardiorrespiratorio*, como son el tejido óseo, muscular y adiposo.

Tejido Óseo: El sistema óseo es fundamental tanto en procesos de crecimiento corporal como en el aumento de la masa corporal, sus funciones están relacionadas con (Sánchez et al., 2006):

- Proporcionar soporte rígido a las extremidades y cavidades corporales que contienen órganos.
- Permitir la locomoción.
- Constituir principalmente un reservorio de iones de calcio y fósforo.

De acuerdo con el nivel de crecimiento y desarrollo las células óseas se clasifican en:

- Osteoblastos: Células formadoras de hueso. Sintetizan la matriz proteica del hueso y regulan la mineralización primaria.
- Osteoclastos: Células encargadas de la resorción ósea, proceso en el que se disuelva la fase mineral y se digiere la fase orgánica del tejido.
- Osteocitos: Osteoblastos que quedan atrapados en el hueso cortical durante el proceso de remodelamiento.

El modelado y el remodelamiento óseo son 2 procesos de suma importancia en la formación del hueso. Respecto al modelado, este se extiende desde el nacimiento a la pubertad haciendo referencia al crecimiento longitudinal y a las modificaciones del diámetro transversal. En cuanto al remodelamiento, este va desde la pubertad hasta la muerte, correspondiendo un proceso de constante recambio del hueso, es decir, de células óseas viejas a células óseas nuevas.

El desarrollo de la masa ósea tiene diferentes etapas:

Etapa 1: Es considerada la más importante, puesto que, aquí ocurre la formación y el desarrollo del tejido óseo. En la etapa intrauterina, después de la séptima semana embrionaria, aparece por primera vez el hueso, que es de tipo membranoso o cartilaginoso. Después de la décima semana, aparecen centros de osificación; en esta etapa existe un papel primordial de las hormonas. A su vez, esta etapa se subdivide en 3 fases:

a) Niñez: Comprende desde la séptima semana embrionaria hasta, aproximadamente, los 10 años de vida, incluyendo los procesos fetales. Esta es una etapa crucial para el desarrollo óseo, ya que es cuando el esqueleto aumenta significativamente su longitud y sección transversal, y logra su casi total osificación. En esta etapa, las hormonas que tienen mayor actividad son las hormonas tiroideas, ya que, regulan la osificación y maduración del cartílago de crecimiento, por lo que resultan de gran importancia para el desarrollo óseo. La ausencia o disminución de estas, da lugar a una importante disminución del crecimiento, que se hace evidente poco tiempo después del nacimiento.

b) Puberal: Desde los 10 a los 16 años aproximadamente. Es donde ocurre el estallido puberal, que se corresponde con el tercer ciclo de crecimiento óseo importante que se produce en el ser humano. Está casi exclusivamente determinado por la actividad osteoblástica de los esteroides sexuales (estrógenos, andrógenos y testosterona) así como también, la hormona del crecimiento (GH) y sus factores activadores que producen un acelerado crecimiento, los cuales también son los encargados de producir el cierre epifisiario (freno fisiológico al crecimiento óseo posterior a esta etapa), por lo que a partir de entonces, deja de ser el crecimiento la actividad fundamental que tienen las hormonas en el hueso. Se ha observado en deportistas, que trabajos de alto impacto, como saltos o acciones motrices en contra de la fuerza de gravedad, estimulan la densidad mineral ósea, siendo este uno de los motivos por los cuales el impacto controlado y la tracción en el hueso son recomendados 3 veces por semana mediante ejercicios de fuerza muscular (OMS, 2019).

c) Consolidación ósea: Proceso pospuberal (adolescencia y adultez). Aquí culmina la osificación y se adquiere la estatura definitiva. El equilibrio del remodelamiento óseo continúa siendo de «0», ya que, para entonces, el hueso está formado y adquiere su máximo desarrollo, por lo que las afecciones endocrinas que pudieran existir solo van a interferir en el proceso de mineralización ósea, con excepción del exceso de GH.

Etapa 2: Desde los 30 a los 40 años. Período en el cual la redistribución deja de estar en equilibrio, o sea, comienza una lenta y progresiva pérdida de su masa y peso total, como resultado de un predominio de la actividad osteoclástica sobre la osteoblástica, por lo tanto, se pierde más tejido del que se forma. Esto ocurre con concentraciones hormonales normales, pero como es tan lento y de poca intensidad, no se manifiesta clínicamente, pues, el hueso puede perfectamente cumplir sus funciones, siempre y cuando sean personas sanas, físicamente activas y sin factores de riesgo para desarrollar síndrome metabólico.

Etapa 3: Personas con más de 40 años, se caracteriza por una disminución considerable de la actividad osteoblástica, por una declinación en la concentración de esteroides sexuales, sobre todo de los estrógenos, por lo que las mujeres son mucho más afectadas que los hombres, lo que se traduce en osteoporosis y sus consecuencias. La disminución de la masa ósea total no se produce porque se pierda mayor cantidad de tejido por la actividad osteoclástica, sino porque hay una disminución en la tasa de formación ósea, sin embargo, ha sido observado que estilos de vida saludables vinculados a la práctica regular de actividad física pueden aminorar la actividad osteoclástica.

Tejido Muscular: Desde el nacimiento del ser humano hasta la adolescencia, la masa muscular aumenta de forma sostenida y progresiva en relación con el incremento del peso de la persona. En los hombres la masa muscular aumenta de forma constante hasta la pubertad, momento en el cual se produce un punto de inflexión incrementándose explosivamente debido a un componente hormonal. En cambio, las mujeres, tienen un incremento sostenido de células musculares durante los diferentes procesos.

La masa muscular es muy importante en los procesos biológicos de las personas debido a que tiene 3 funciones fundamentales:

- Generar fuerza en las extremidades para producir movimiento.
- Permitir mantener la postura corporal.
- Regular la temperatura corporal.

A modo general, en cuanto a los diferentes tipos de células musculares, estas se pueden clasificar en:

a) Miocitos: Células que forman el tejido muscular. Son fusiformes, multinucleadas y con disposición a contraerse.

b) Mioblastos: Células embrionarias generadoras de tejido muscular maduro.

Respecto a las etapas en relación con el desarrollo muscular Billat (2002) propone:

Etapa 1: Embrionaria, el desarrollo muscular durante esta etapa se debe a la división mitótica, es decir, proceso por el cual la célula se divide para obtener 2 células con contenido genético idéntico. Este procedimiento

conduce a la formación de millones de células mononucleadas que al fusionarse forman fibras musculares inmaduras que luego se transformarán en musculatura madura. Esta evolución sigue hasta el nacimiento y algunos meses después.

Etapa 2: Posnatal, el aumento del tejido muscular se debe al incremento de la superficie y longitud de las fibras que son extendidas por el crecimiento esquelético que llevan consigo un constante aumento de sarcómeros y mionúcleos, los cuales derivarán en células satélites ubicadas alrededor de las fibras musculares.

Etapa 3: Puberal, en la pubertad los hombres producen un incremento exponencial de tejido muscular debido a la mayor secreción de la hormona testosterona y la hormona del crecimiento las cuales trabajan en el aumento de la síntesis de proteínas en la musculatura esquelética. Las mujeres aumentan su fuerza muscular de manera paulatina en razón a las diferencias hormonales existentes (Temboury, 2009).

Autores como Temboury (2009) señalan que en la etapa de la pubertad tanto el desarrollo muscular como el de la fuerza dependen del grado de maduración sexual que tengan NNA. En este sentido durante la niñez el tejido muscular no aumenta aparentemente. Sin embargo, las ganancias de fuerza que se producen en esta etapa son principalmente de tipo neuronales. A partir de la pubertad se observa el incremento del diámetro transversal del tejido muscular, fenómeno conocido como hipertrofia muscular y es consecuencia del aumento del tamaño de las miofibrillas. En este marco, se indica que la masa muscular llega a su máximo nivel en damas entre los 16 y los 20 años, aproximadamente, y en varones entre los 18 y los 25 años. Posteriormente comienza una curva descendente en el contenido muscular, lo cual solo se puede contrarrestar con ejercicio y una dieta equilibrada (Wilmore & Costill, 2007).

Tejido Adiposo: Está compuesto por células denominadas adipocitos, las cuales además de contar con las características de toda célula humana, cuenta con un espacio destinado para almacenar triglicéridos, en donde se diferencian 2 tipos de células: las células marrones o pardas, caracterizadas por almacenar los triglicéridos en múltiples gotas, junto con desaparecer casi en su totalidad los primeros meses de vida, siendo observado un leve remanente en zonas como la clavícula; las células blancas, caracterizadas por almacenar los triglicéridos en una gran gota o espacio y cuya ubicación se encuentran en diferentes partes del organismo. En cuanto a la escala

dérmica es posible encontrarlo en zonas subcutáneas, mediastínicas, mesentéricas, perigonadales, perirrenales y retroperitoneales. En concordancia con lo anterior, la presencia de un determinado tipo de células adiposas dará las características al tejido adiposo, ya sea, el tejido adiposo pardo o marrón o el tejido adiposo blanco. Ambos tejidos no presentan solo diferencias en cuanto a su coloración, sino que también, en cuanto a su morfología de acuerdo con la forma de almacenamiento de los triglicéridos, distribución, genes y función. El tejido adiposo pardo es responsable de la actividad termogénica. Por su parte el tejido adiposo blanco produce leptina, hormona que informa al cerebro del estado nutricional con la finalidad de regular la ingesta y el gasto energético (Moreno & Martínez, 2002). A modo general, las funciones más importantes de este tejido adiposo blanco son:

- Protección de los órganos internos.
- Recubrimiento de nervios.
- Componente de las membranas plasmáticas y biológicas de las células.
- Regulación de la temperatura.
- Depósito de energía.
- Secretor de adipoquinas.

La evolución del tejido graso comienza en el período fetal y continúa apareciendo a lo largo de toda la vida. El tamaño de las células adiposas se triplica durante los primeros años de vida y luego estas aumentan paulatinamente. Al momento de nacer se cuenta con un 10-12% de peso graso para luego en la edad adulta las mujeres tener 25% y los hombres 15%, esta diferencia entre los géneros se debe básicamente a aspectos hormonales, ya que las mujeres tienen un nivel estrogénico más elevado, lo cual aumenta los almacenes grasos. En la pubertad se produce un cambio significativo en la composición corporal con respecto a la masa grasa debido que, a partir de esta etapa, las mujeres incrementan su porcentaje de grasa, en cambio, los hombres aumentan su masa corporal magra.

Capítulo 2.

ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL

La práctica regular de actividad física, en especial la que es programada en la etapa infantil, genera una amplia gama de beneficios que incluyen un crecimiento y un desarrollo saludable del sistema cardiovascular, respiratorio, endocrino y músculo esquelético, además de un mantenimiento del equilibrio calórico, lo que tiene efectos positivos en la masa corporal debido al equilibrio entre gasto y producción de energía. Se ha demostrado previamente que la práctica regular de actividad física permite un trabajo constante del metabolismo estimulando los diversos procesos energéticos, generando un efecto positivo en la prevención de los factores de riesgo de enfermedades metabólicas tales como: la hipercolesterolemia, resistencia a la insulina, hiperglicemia y obesidad. En población adulta, ha sido observado como el movimiento voluntario influye positivamente en el control y manejo de enfermedades cardiovasculares como la hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca o cardiopatía coronaria. La actividad física, desde el punto de vista socioemocional, brinda la oportunidad de interactuar entre las personas de diferentes edades y estratos socioeconómicos, por tanto, promueve de manera relevante el desarrollo social, sentimientos de satisfacción personal y bienestar mental. Junto a lo anterior se ha demostrado que realizar actividad física regular de intensidad vigorosa no solo tiene efectos en la condición física, sino que también, en las funciones ejecutivas (autocontrol, memoria de trabajo, organización, planeación, solución de problemas y flexibilidad de pensamiento) (Hillman et al., 2014). A la luz de estos antecedentes, resulta muy importante que NNA realicen actividad física programada por su efecto positivo en el desarrollo cognitivo, específicamente, en las tareas que involucran la función ejecutiva, puesto que aumenta el flujo sanguíneo cerebral y, por tanto, la oxigenación a la

corteza pre frontal, lo cual está asociado a mejoras en inhibición de la respuesta, la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo, y las que derivan de ellas, como la planificación y la organización (Diamond, 2015; Lambrick et al., 2016; Ma, Le Mare, & Gurd, 2015). Revisar Figura 3.

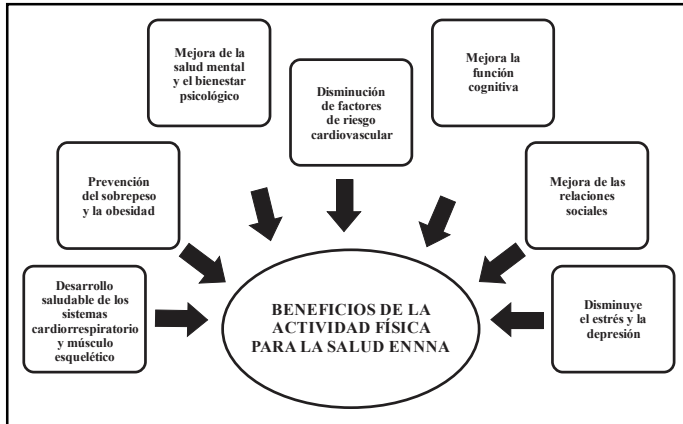


Figura 3. Beneficios generales de la práctica de actividad física en NNA.

A pesar de todos estos beneficios, existen importantes problemas en cuanto a la adherencia a la práctica regular de actividad física (Asnar & Webster, 2006). De acuerdo con la OMS (2019) al menos un 60% de la población adulta mundial no realiza la actividad física necesaria para obtener beneficios para la salud. En este marco, los estudios también indican que, en población infantil, estos resultados al año 2016 superan el 81% en estudiantes de 11-17 años y, respecto a la población infantil femenina, estos valores bordean el 91% (Guthold et al., 2020). La marcada tendencia hacia la insuficiente actividad física se debe en gran parte a un incremento de los comportamientos sedentarios, lo que corresponde a actividades que se realizan mientras las personas se encuentran despiertas, estando acostadas, sentadas o reclinadas, cuyo gasto energético es menor a 1,5 METs como, por ejemplo: comer, ver televisión, trabajar en el computador, jugar en el celular o estudiar sentado, o el transporte pasivo, como es el uso de transporte escolar en población infantil.

Las principales causas de los bajos niveles de actividad física pueden ser explicados desde el punto de vista ecológico y que involucran factores ambientales asociados a la urbanización como la superpoblación, aumento de la pobreza, aumento de la criminalidad, gran densidad del tráfico y la mala calidad del aire, o el deficiente número de parques e instalaciones deportivas. Por consiguiente, las enfermedades no transmisibles asociadas

a la inactividad física son un gran problema de salud pública en la mayoría de los países del mundo. Los grupos de personas que se encuentran con un alto riesgo de inactividad física y, por consiguiente, tienen una elevada predisposición a padecer alguna patología son principalmente los jóvenes, las mujeres y los adultos mayores.

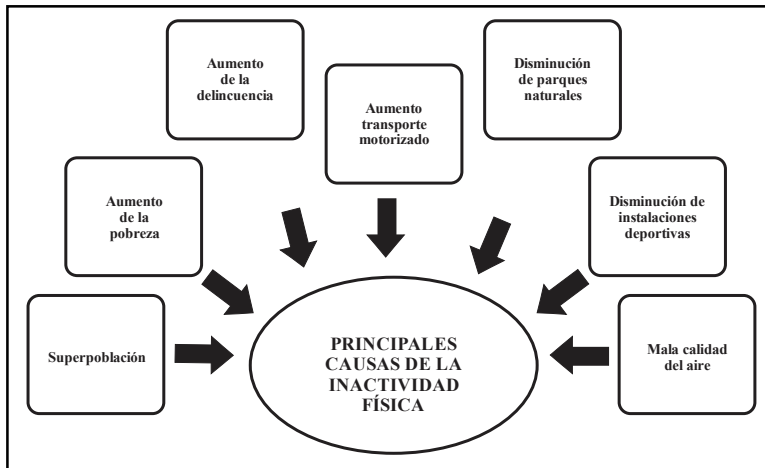


Figura 4. Causas inactividad física OMS (2019).

De acuerdo a Makinen et al. (2010), en la transición de la adolescencia a la adultez existe una disminución del tiempo empleado para realizar actividad física, ocasionando como resultado que NNA no logren cumplir las recomendaciones respecto al nivel de actividad física (Metcalf, 2012). Esta compleja situación es un problema de salud para las naciones industrializadas, por tanto, se hace primordial intervenir de forma multidisciplinaria, a fin de contrarrestar las conductas sedentarias e inactividad física y lograr revertir esta situación. Makinen et al. (2010) proponen estimular la adherencia a la práctica de actividad física desde una razón educativa, es decir, las personas con más educación son más activas que las menos educadas, además, los autores le dan valor a la práctica deportiva temprana, ya que, es de carácter programada, indicando que este tipo de práctica implica la disminución de comportamientos sedentarios en edad adulta.

La inactividad física es evidentemente contradictoria con la naturaleza del cuerpo, ya que el ser humano es esencialmente dinámico, por lo que dispone de una gran cantidad de músculos, huesos, articulaciones y sistemas que controlan los movimientos (Aranguiz, 2005).

Afortunadamente, la ciencia avanza y diversas revisiones científicas como la realizada por Ara et al. (2009), muestran que el ejercicio físico de manera constante es fundamental en la calidad de vida, ya que, la participación regular de NNA, adultos o adultos mayores tanto de género femenino como masculino en programas de actividad física benefician su desarrollo integral (Arquer et al., 2009; Riddell, 2008).

La OMS (2019) recomienda que NNA de 5 a 17 años realicen diariamente 60 minutos de actividad física con una intensidad de moderada a vigorosa. La importancia de la práctica de actividad física en edades tempranas no solo radica en que los últimos años se ha incrementado la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles en NNA, lo cual se traduce en personas adultas enfermas, sino que también, en la pérdida de beneficios tales como el desarrollo corporal, psicológico y social, los cuales son cruciales y pueden obtenerse en esta etapa tan importante para la vida como es la infancia y la adolescencia. Parece certero lograr habituar a los NNA desde su infancia a realizar ejercicio físico (Márquez et al., 2006). En este sentido, los establecimientos educacionales deben comprometerse con el bienestar biopsicosocial de la comunidad educativa entregando constantemente oportunidades para realizar actividad física, ya sea ligera, moderada o vigorosa y, en lo posible, todos los días (Mcguire, 2012), de esta forma resultaría clave, para esta finalidad, la asignatura de Educación Física. De acuerdo a Carreiro Da Costa (2017) la Educación Física tiene mucho que ofrecer a los y las estudiantes, en general una contribución fundamental para favorecer la promoción de la calidad de vida en las sociedades actuales.

Todo lo anterior refuerza la idea de que hoy en día existe una consciencia social amplia sobre el rol a desempeñar de la Educación Física y su aporte en el ámbito de la salud pública, especialmente enfocada en la promoción de estilos de vida activos y saludables (Carreiro Da Costa, 2017), permitiendo promocionar un estilo de vida activo en el curso de la vida. La manera más segura y eficaz de influenciar positivamente a las personas para adoptar esta forma de vida activa es el disfrute por el movimiento durante los 12 años de escolaridad, donde los programas de Educación Física debieran ser inclusivos y de calidad, estimulando la motivación, el placer y las competencias motoras necesarias para una participación entusiasta y gratificante en la práctica de las actividades físicas y deportivas (McKenzie et al., 1996), para así, incrementar el nivel de actividad física en edades tempranas y, por consiguiente, reducir el comportamiento sedentario y la inactividad física que aqueja actualmente a NNA a nivel mundial (Guthold et al., 2020).

Capítulo 3.

METABOLISMO ENERGÉTICO EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL

El movimiento humano está bajo el control del sistema nervioso, específicamente, en la división motora somática, la cual es la encargada de controlar la actividad de los músculos esqueléticos junto con las neuronas motoras, las cuales llevan el impulso nervioso desde la asta ventral de la médula espinal o del cerebro hasta el órgano efector que, en este caso, son las miofibrillas del músculo esquelético (Silverthorn, 2019). Esta vinculación entre neuronas y miofibrillas es conocida como unión neuromuscular (Figura 5). En este punto en específico el calcio contribuye a la secreción de acetilcolina, neurotransmisor que permite modificar el medio celular del músculo, generando modificaciones proteicas que se traducen en la unión actina-miosina (Figura 6), permitiendo modificar la estructura muscular y, por ende, los músculos que estén realizando la acción contráctil serán considerados como agonistas; los que contribuyen al movimiento como sinergistas y, aquellos que no participan en el movimiento como antagonistas, mientras que otro grupo actuará como estabilizadores. Estos grupos musculares con sus contracciones aplican fuerzas sobre el esqueleto a través de palancas, de esta forma se desplazan en el espacio los segmentos musculares unos respecto de los otros, en torno a las articulaciones que los unen. Sin embargo, todo lo descrito anteriormente, solo ocurrirá con la energía que entregan los diferentes sistemas involucrados en el metabolismo energético, por tanto, el músculo esquelético puede considerarse como un motor complejo cuya capacidad de trabajo depende de la disponibilidad de energía. El cuerpo humano obtiene la energía a partir de los macronutrientes, es decir, carbohidratos, lípidos y proteínas. En los procesos de oxidación en condiciones de laboratorio ha sido observado que los carbohidratos y proteínas generan una liberación de energía por

cada gramo de 4 kcal, mientras que los lípidos proveen de 9 kcal. Sin embargo, para obtener esta energía potencial de los macronutrientes se requiere de procesos catabólicos y del acoplamiento de reacciones endergónicas y exergónicas para formar la molécula que participa en todas las reacciones químicas en las que se requiera energía, denominada adenosín trifosfato o triptófano de adenosina (ATP).

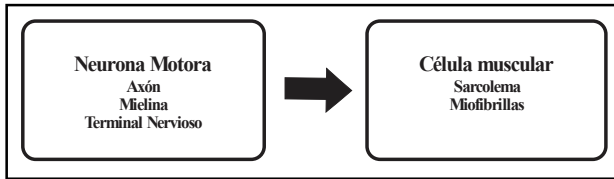


Figura 5. Unión neuromuscular.

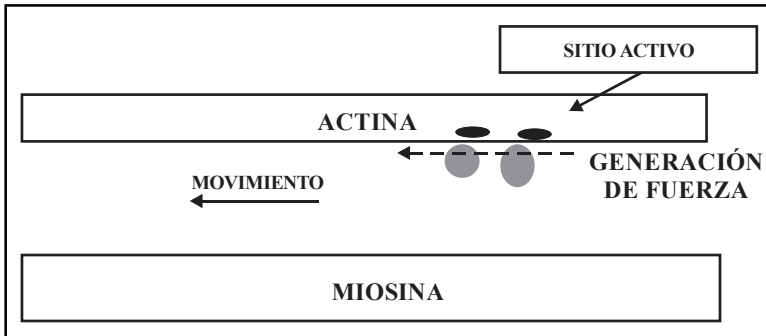


Figura 6. Mecanismo general de contracción muscular (Adaptado Guyton & Hall, 2006).

El ATP está compuesto por una base nitrogenada (adenina), una pentosa (ribosa) y tres grupos fosfatos, de los cuales el tercer y segundo enlace son de alta energía. El ATP es la fuente directa de energía para la actividad muscular. La liberación de energía proviene de una reacción exergónica con un ΔG° de $-7,3$ kcal/mol ATP. Para liberar esta energía potencial se requiere sacar el tercer fósforo de esta molécula, siendo la enzima que cataliza esta acción la ATPasa (en el músculo esquelético se encuentra en la cabeza de la proteína miosina, confiriendo de esta forma, además, las características oxidativas a las fibras musculares). Como productos de esta reacción se forma Adenosín Di fosfato (ADP) y un fosfato inorgánico (Pi) junto a esta energía química que en el músculo esquelético se transforma en energía mecánica. Para mantener la cantidad de ATP que requiere el organismo, se necesita de una serie de procesos y reacciones químicas que lo formen a partir de los productos de la oxidación de los macronutrientes. En este sentido, la forma en la cual la célula

muscular es capaz de sentir las demandas de energía y seleccionar el sustrato para la resíntesis, está dado en una proteína denominada adenosín monofosfato quinasa (AMPK) (Herzing & Shaw, 2018), la cual es un verdadero sensor energético y que actúa percibiendo en su subunidad gamma las concentraciones de AMP y ADP, y en la medida que estas concentraciones aumentan, se interpretan como señales de demandas de energía y, por tanto, se inician los procesos por los cuales el músculo esquelético puede contar con ATP suficiente para las demandas. En este contexto, han sido descritos tres sistemas energéticos: Fosfágenos, Glucolítico citoplasmático y Oxidativo (Boisseau & Delamarche, 2000; Baker et al., 2010). Estos sistemas han sido denominados vías energéticas y su gran característica es que trabajan de forma simultánea en la producción de ATP, fenómeno denominado como «Continuo Energético» por Bowers & Fox (1995) (Figura 7).

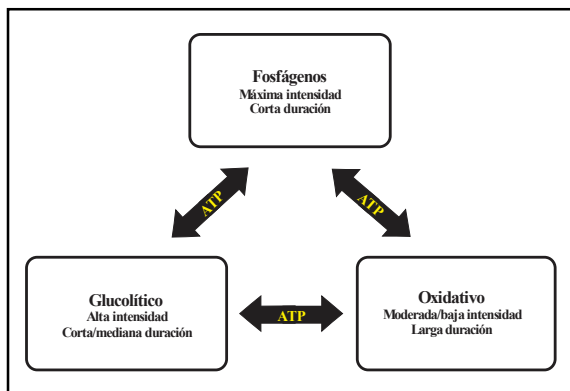


Figura 7. Continuo Energético.

Sistema de los Fosfágenos: Este sistema ocurre en el citoplasma de la célula y, por lo tanto, es oxígeno independiente y predomina el fosfato de alta energía llamado fosfocreatina (26 mmol/kg de músculo húmedo), el cual tiene una concentración 3 a 5 veces mayor que el ATP en el músculo esquelético. La fosfocreatina (CrP) es una molécula compuesta por creatina (Cr) y un fósforo inorgánico (Pi) que se almacena en el citosol, principalmente, de las células musculares rápidas (FT). Este sistema predomina en esfuerzos de corta duración y máxima intensidad durante aproximadamente 10 a 15 segundos. El ATP que se encuentra en cada kilogramo de músculo esquelético (5 mmol/kg de músculo húmedo), solo es suficiente para algunos segundos de esfuerzo máximo (0,5 segundos). Esto no permite la realización del ejercicio en forma completa, por lo

tanto, el músculo esquelético activa el proceso de resíntesis de ATP a través del sistema de los fosfágenos. De acuerdo con Robergs (2001) la CrP es catalizada por la enzima creatinquinasa (Ck) dividiéndola en Cr y Pi liberando energía, la cual es utilizada para sintetizar ATP. Además, la capacidad del sistema para volver a formar la CrP ocurre a nivel mitocondrial donde a la Cr libre se le agrega un grupo fosfato, siendo esta la explicación al hecho que se requieran de pausas, ya sean activas o pasivas, entre cada estímulo de alta intensidad.

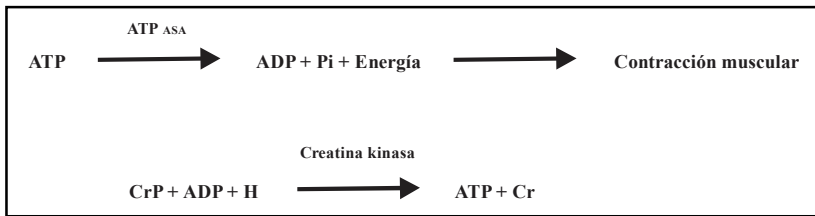


Figura 8. Reacciones bioquímicas del sistema de los fosfágenos o anaeróbico aláctico (Adaptación Baker et al., 2010).

López & Fernández (2008) sostienen que los estudios realizados muestran que las cantidades de ATP y CrP son similares en NNA, hombres y mujeres en valores relativos, es decir, por kilogramo de peso tanto en situaciones de reposo como de ejercicio y que no fluctúan con la edad de las y los individuos. Si bien, como se dijo anteriormente, desde la perspectiva de los sustratos no existen grandes diferencias entre NNA y adultos o adultas; en una prueba de velocidad probablemente un hombre o una mujer tendrán mayor rendimiento que un prepúber, no obstante, esto se debe a la cantidad de masa muscular, la biomecánica, así como a aspectos neurales y no a la eficiencia de esta vía energética.

Este sistema es perfectamente entrenable en edades tempranas, sin embargo, se debe colocar atención en respetar los tiempos de recuperación del sustrato energético y la actividad enzimática.

Sistema Glucolítico: Esta vía energética, también ocurre en el citoplasma y, por tanto, es oxígeno independiente y utiliza como sustrato la glucosa (monosacáridos de 6 átomos de carbono) sanguínea, y el glucógeno almacenado en el hígado (100 gramos) o en la célula muscular (400 gramos), el cual es degradado a través del proceso denominado glucogenólisis. Ambos sustratos aportan la energía mediante el proceso de glucólisis (Nelson & Cox, 2006), el cual es un conjunto de 10 reacciones

químicas catalizadas por enzimas específicas y que tienen como producto final dos moléculas de piruvato (Figura 9). Este sistema de resíntesis de ATP adquiere importancia en ejercicios físicos que requieren de una gran potencia energética por un corto período de tiempo, es decir, desde los 30 segundos hasta los 120 segundos aproximadamente de un esfuerzo a alta intensidad (Billat, 2002).

Durante la utilización de esta vía energética se liberan iones de hidrógeno, ocasionando cambios en el estado de reducción y oxidación (REDOX), de manera que los hidrógenos en el citoplasma necesitan ser oxidados por nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y, en ese momento, esta es reducida a NADH, para ser llevados a la cadena respiratoria a través de una lanzadera para la subsecuente oxidación. De esta forma, este NAD oxidado puede volver a recibir hidrógenos, no obstante, este proceso está limitado por la velocidad con la que la bomba mitocondrial puede realizar este proceso. De esta manera, cuando las demandas de ATP son altas producto de una mayor intensidad, se comienza a demandar una mayor velocidad de la glucólisis, generando como consecuencia una mayor concentración de hidrógenos. La solución frente a este problema es que el NADH se oxida en el citoplasma a través de la enzima lactato-deshidrogenasa y, gracias a las características del lactato anión, este puede recibir los protones y de esta forma mantener por una parte el equilibrio REDOX y el potencial de hidrógeno (pH). Una vez formado el lactato más los hidrógenos en el músculo, difunde rápidamente hacia la sangre para amortiguar los hidrógenos y reutilizar el lactato anión, ya sea, en la misma célula muscular o en otros tejidos (Brooks, 2018) (Figura 10).

De acuerdo con Brooks (2018) la forma por la que el lactato y los hidrógenos pueden ser movilizados desde la célula muscular hacia otros destinos, es a través de transportadores de tipo simport denominados monocarboxilos, en este sentido el transportador monocarboxilo-4 (MCT4) permite la salida desde la célula muscular hacia el torrente sanguíneo y, tanto a nivel muscular como otros tejidos, el transportador monocarboxilo-1 (MCT1) permite el ingreso en:

- Células musculares: El lactato producido en las FT es extraído y llevado a las células musculares lentas (ST) para transformarse en piruvato, que a su vez se convertirá en acetil-Coa para su posterior ingreso en el Ciclo de Krebs.
- Hígado: Este recibe lactato y lo sintetiza en glucosa a través de las reacciones glucogénicas del Ciclo de Cori.

- Corazón, cerebro, pulmones y riñones: El lactato es parte de su metabolismo energético y se sintetiza para formar piruvato que a su vez se convertirá en acetil-Coa para su posterior ingreso al Ciclo de Krebs.
- Glóbulos rojos: En este lugar es reducido por el buffer ion bicarbonato (Hco_3), que posteriormente se transformará por acción de la enzima anhidrasa carbónica en anhídrido carbónico que formará, debido a la intensidad del ejercicio, dióxido de carbono metabólico y agua.

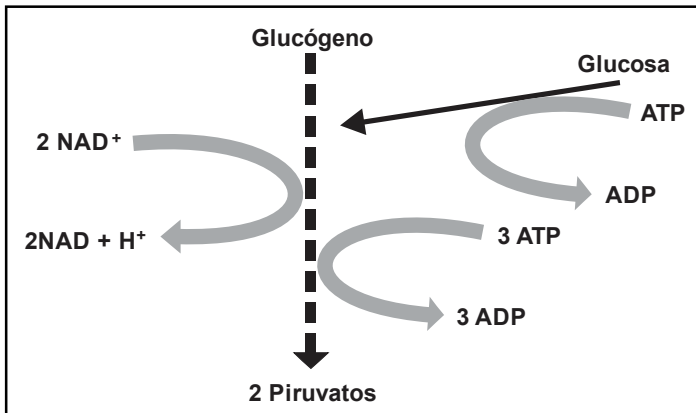


Figura 9. Reacción bioquímica de glucosa a piruvato del sistema glucolítico o anaeróbico láctico (Adaptación Baker et al., 2010).

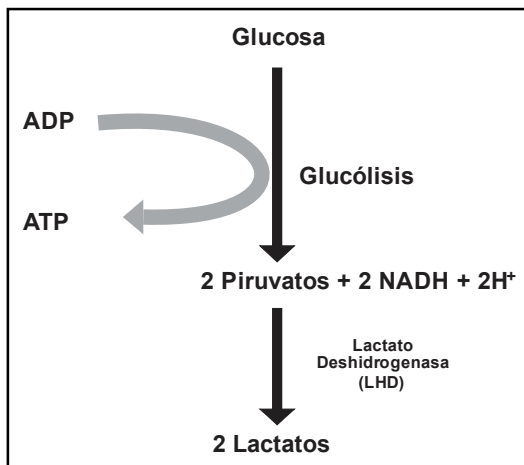


Figura 10. Reacción bioquímica de glucosa a lactato en el sistema glucolítico (Baker et al., 2010).

Según Kuno et al. citado por Riddell (2008) niños y niñas de entre 12 -15 años tienen una reducida capacidad anaeróbica láctica en comparación con adultos. En líneas generales los y las púberes tienen una menor capacidad glucolítica que adultos y eso se ve reflejado en las menores concentraciones de lactato que tienen tanto en reposo como en ejercicio. Esto se debe principalmente a las bajas concentraciones de las enzimas; piruvato deshidrogenasa (PDH), fosfofructoquinasa (PFK), lactato-deshidrogenasa (LDH), piruvatoquinasa (PK) y aldolasa (Riddell, 2008). La PFK se encuentra disminuida en un 50% en niños y niñas de 11 años comparado con adultos (Boisseau & Delamarche, 2000). Otro factor relevante es la menor capacidad anaeróbica la cual está relacionada con menores reservas de glucógeno tanto muscular como hepática en la etapa prepuberal (Delgado, 1994; López, 1997).

Sistema Oxidativo: La vía aeróbica u oxidativa ocurre en la mitocondria (Figura 11) y es la encargada de aportar la energía en esfuerzos de baja y moderada intensidad. Se ha postulado que si adultos iniciarán un trabajo físico a su máxima capacidad e intentaran mantenerlo, esta vía aportaría energía significativa desde los 3 minutos aproximadamente (Barbany, 2010). Todos los procesos para resíntesis de ATP ocurren en la mitocondria de la célula muscular, en las crestas mitocondriales se encuentran los complejos enzimáticos necesarios para el desarrollo de las reacciones que tienen lugar en esta vía.

De acuerdo a Baker et al. (2010) este sistema tiene la posibilidad de metabolizar glucosa, ácidos grasos y proteínas en presencia de oxígeno para así obtener ATP, ya que todos estos macronutrientes pueden formar acetil-CoA, y de esta manera ingresar en la mitocondria y poder iniciar el Ciclo de Krebs, del cual es importante señalar que: 1) genera moléculas de CO₂ que modifican la presión parcial del gas a nivel sanguíneo y deben ser difundidas por pulmones hacia el medio ambiente, 2) generación de hidrógenos, que son captados por el NAD y Flavín Adenín Dinucleótido (FAD) que en procesos de reducción a nivel de matriz mitocondrial los transportan a la cadena transportadora de electrones en las crestas mitocondriales. En la cadena transportadora de electrones el hidrogenión transportado por NAD y FAD va a reaccionar con el oxígeno respirado gracias al complejo enzimático citocromo. El producto de esta reacción es el agua y una energía protón motriz para la resíntesis de ATP, proceso que se denomina fosforilación oxidativa y ocurre en F1/F0. En este sentido los macronutrientes antes señalados deben realizar procesos previos para su oxidación a nivel mitocondrial.

- Glucosa: El sistema aeróbico permite que de la oxidación de un mol de glucosa se obtengan entre 38 y 39 moles de ATP. La glucólisis aeróbica es un proceso igual al anaeróbico con la diferencia de que el piruvato en vez de convertirse a lactato se transforma en acetyl-CoA.
- Lípidos: Estos son catabolizados en un proceso denominado beta-oxidación, el cual consiste en transformar a la cadena de ácidos grasos en pares de carbonos que luego entrarán al Ciclo de Krebs como acetyl-Coa.
- Proteínas: En reposo y en ejercicio la contribución de este sustrato es mínima, pero cuando el ejercicio se prolonga por más de una o dos horas adquiere relevancia. El aprovechamiento energético aeróbico de las proteínas comienza por el fraccionamiento de los aminoácidos que las componen. Posteriormente, ocurre la transaminación de los aminoácidos y de este proceso quedan restos carbonados los cuales pueden incorporarse en los diferentes pasos del Ciclo de Krebs.

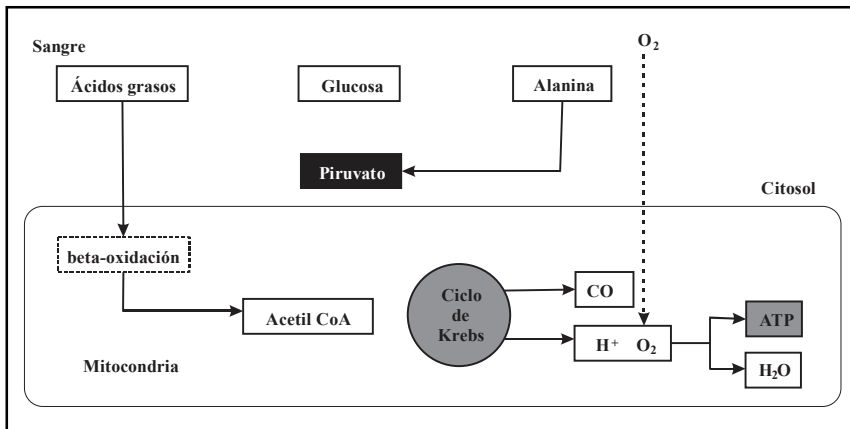


Figura 11. Metabolismo de sustratos en la vía oxígeno dependiente (López & Fernández, 2008).

El metabolismo aeróbico aumenta su actividad enzimática de manera lineal hasta entre los 22 y los 30 años. De acuerdo con Riddell (2008) tanto damas como varones en la etapa prepuberal y puberal tienen mayor facilidad para oxidar grasas debido a un incremento en el contenido mitocondrial, además de una buena capacidad muscular para oxidar

sustratos a través del oxígeno (Boisseau & Delamarche, 2000). Complementando lo mencionado en el párrafo anterior, es importante señalar que durante la preadolescencia existe una capacidad aeróbica destacada (Zintl, 1991), debido a que no solo poseen un mayor número de mitocondrias, sino que también, hay una alta actividad enzimática, ya que enzimas como succinildeshidrogenasa, se ven estimuladas, por lo que, se produce un alto grado de oxidación de lípidos en comparación a adultos (Latorre & Herrador, 2003; Serra et al., 2006). Según Riddell (2008) entre los 10 y los 14 años en las niñas el desarrollo de este sistema no es lineal debido a cambios hormonales.

Capítulo 4.

¿QUÉ ES EL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO?

Para muchas de las actividades de la vida diaria es relevante la capacidad que tenga el cuerpo para utilizar oxígeno y producir energía. Tales actividades para ser realizadas de manera eficiente requieren de esfuerzos integrados por el sistema cardiorrespiratorio y la actividad metabólica de la masa muscular (Fleg et al., 2000).

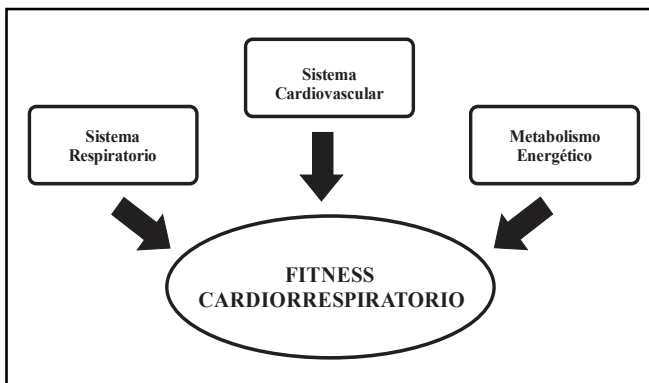


Figura 12. Integración de sistemas en el fitness cardiorrespiratorio.

El fitness cardiorrespiratorio es fundamental porque implica la funcionalidad del sistema pulmonar para el consumo de oxígeno (VO_2) y del sistema cardiovascular para el transporte de este gas, además de la eliminación de productos del metabolismo. El sistema muscular incluido el corazón y el cerebro son los que aprovechan el oxígeno puesto a disposición por los sistemas mencionados (George et al., 2005) satisfaciendo las necesidades musculares y corporales en general (Figura 12).

El oxígeno que una persona consume en reposo absoluto es denominado metabolismo basal y corresponde a 3,5 mlO₂/kg/min (MET o unidad metabólica). Este valor refleja el gasto energético que necesita un organismo para mantener sus funciones vitales. A medida que hombres y mujeres salen de la situación de reposo, la demanda energética aumenta, por lo tanto, el VO₂ va siendo cada vez mayor. En tal sentido, el VO₂ depende de todos los factores que intervienen en el recorrido que sigue la molécula de oxígeno desde el aire atmosférico hasta las mitocondrias (organelo que tiene como principal función producir energía aceptando electrones y usando el oxígeno, para la producción de dióxido de carbono, agua y ATP). El oxígeno inspirado es dependiente de la presión atmosférica (760 milímetros de mercurio (mmHg) en condiciones normobáricas) como condición ambiental y de la ventilación pulmonar como una condicionante orgánica. El oxígeno tiene una presión parcial en la atmósfera de 159 mmHg, mientras que a nivel alveolar la presión del oxígeno es de 100 mmHg y a nivel capilar es de 40 mmHg. Por lo que, estas diferencias de presión aseguran la difusión y, por tanto, el ingreso del oxígeno al cuerpo y su posterior intercambio con el propósito de ser transportado por la sangre hacia los tejidos (Figura 13).

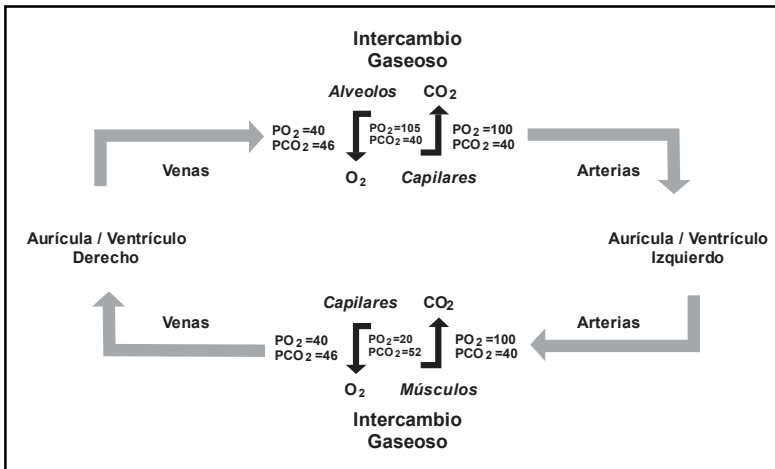


Figura 13. Intercambio gaseoso en los diferentes tejidos del cuerpo (Adaptado National Strength and Conitioning Association, 2012).

El oxígeno necesita ser absorbido en los pulmones y transportado por la sangre a través de los glóbulos rojos unido con la hemoglobina (proteína compuesta por grupos de hierro los cuales tiene afinidad con el oxígeno), una pequeña cantidad de oxígeno también viaja a través del

plasma. Un gramo de hemoglobina es capaz de transportar 1,34 ml de oxígeno. Si en 100 ml de sangre hay 15 gramos de hemoglobina, por tanto, en 100 ml de sangre viajan 20,1 ml de oxígeno más los 0,3 ml oxígeno disueltos en la sangre, dando un total de 20,4 ml de oxígeno, es decir, la cantidad de oxígeno que se coloca a disposición para los tejidos en donde será utilizado por las mitocondrias para la producción de ATP en la musculatura activa, por consiguiente, los mecanismos de absorción y transporte determinan el VO_2 y de acuerdo a la ecuación de Fick (López & Fernández, 2008), esto se expresa de la siguiente manera: $\text{VO}_2 = Q \times D(a-v) \text{O}_2$. En la ecuación Q corresponde al gasto cardíaco y $D(a-v) \text{O}_2$ a la diferencia arterio-venosa. Tanto Q como la $D(a-v) \text{O}_2$ se incrementan con el ejercicio físico debido a la mayor demanda energética y por ende el incremento del VO_2 (Figura 14).

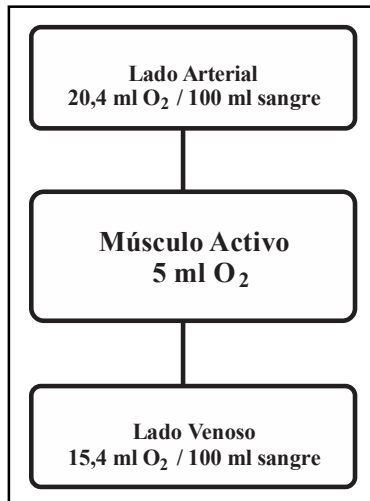


Figura 14. Cantidad de oxígeno (O_2) utilizado expresado en la diferencia arterio-venosa.

Cualquier esfuerzo físico medianamente prolongado requiere de una demanda energética tanto a nivel muscular como cardiorrespiratoria, por lo cual, un determinado esfuerzo debe ser abastecido de oxígeno a nivel pulmonar para un posterior intercambio en el sistema cardiovascular, a fin de entregar la energía necesaria a los músculos para realizar algún tipo de actividad física. A partir de lo anterior, es importante precisar que el fitness cardiorrespiratorio es cuantificado mediante el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), a este respecto es posible señalar que esta variable se representa como una meseta, sin embargo, solo deportistas y personas muy entrenadas expresan estos valores. La evidencia ha demostrado que en NNA y adultos,

más que el consumo de oxígeno máximo, se aprecia un consumo de oxígeno peak (VO_{2peak}), el cual hace referencia a la máxima cantidad de oxígeno difundido, transportado y utilizado por los tejidos en un minuto. Esto debido a que el músculo esquelético es el tejido metabólicamente más activo durante la actividad física, por tanto el $VO_{2máx}$ puede contribuir a inferir la cantidad de ATP que podría ser producido y utilizado por unidad de tiempo durante la realización de un esfuerzo máximo (López et al., 2013).

Numerosas investigaciones han demostrado que el fitness cardiorrespiratorio proporciona una importante información diagnóstica en una amplia variedad de entornos clínicos y de investigación (Arena et al., 2007; Fleg et al., 2000). A modo conceptual es posible señalar que el fitness cardiorrespiratorio es la capacidad de hombres y mujeres para realizar un trabajo a la mayor capacidad física, pero dependiendo del metabolismo aeróbico mediante la absorción máxima de oxígeno, es decir, el producto del gasto cardíaco y la diferencia de oxígeno arterio-venosa ($a - v$) en un esfuerzo físico máximo. De manera sencilla, el fitness cardiorrespiratorio es la capacidad de suministrar oxígeno a los músculos y utilizarlo para generar energía en la musculatura activa durante el ejercicio (Armstrong et al., 2011; Lang et al., 2016) evitando la disminución del rendimiento y por tanto la fatiga.

La edad, el sexo, la condición física y la presencia de enfermedades son factores determinantes del fitness cardiorrespiratorio, el cual, como fue señalado anteriormente, se expresa en el $VO_{2máx}$ y se mide en litros de oxígeno por minuto (expresión absoluta), sin embargo, generalmente se expresa en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto (expresión relativa al peso corporal) para facilitar las comparaciones (Armstrong et al., 2011). El fitness cardiorrespiratorio por lo general disminuye un promedio del 10% por década de vida debido a un detrimento del volumen sistólico, frecuencia cardíaca máxima y función del músculo esquelético (Fleg & Lakatta, 1988). En cualquier edad, el fitness cardiorrespiratorio en los hombres es 10 a 20% mayor que en las mujeres, en razón a una mayor concentración de hemoglobina, una mayor proporción de masa muscular, tamaño del corazón y, por lo tanto, un mayor volumen sistólico en cada ciclo cardíaco (Fleg & Lakatta, 1988).

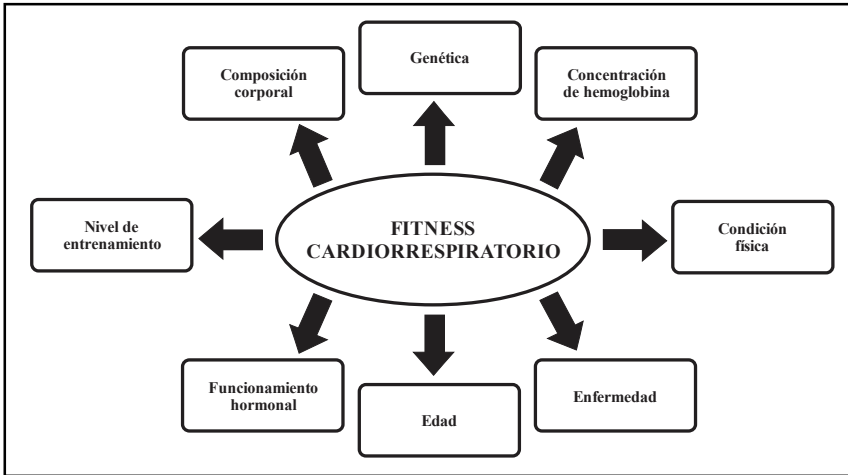


Figura 15. Factores condicionantes del fitness cardiorrespiratorio.

Los pocos estudios longitudinales disponibles reflejan datos de corte transversal que indican un gran aumento del fitness cardiorrespiratorio relacionado con la edad en los niños y niñas entre 13 y 15 años. Los datos de las niñas son menos consistentes, pero de acuerdo con los hallazgos transversales, indican un aumento progresivo de 8 a 13 años con una nivelación gradual a partir de los 14 años. Los datos longitudinales indican que el VO_{2peak} de los niños casi se duplica de 11 a 17 años, incrementando su valor sobre las niñas en un 50% al mismo rango de edad (Armstrong et al., 2011).

De acuerdo con Bompá (2005), el período prepuberal representa el inicio de actividad física de mayor duración. En un inicio, en esta etapa las personas poseen un deficiente desempeño en cuanto al fitness cardiorrespiratorio debido a una pobre economía de carrera y a una baja tolerancia al calor. En la etapa prepuberal niños y niñas tienen un gasto cardíaco menor y una baja capacidad de transporte de oxígeno debido al tamaño del corazón y pulmones. Niños y niñas mejoran el fitness cardiorrespiratorio en la prepubertad de manera similar y se observa, anatómicamente, el crecimiento en pulmones, corazón y sistema muscular. Ahora bien, en esta edad el funcionamiento es inmaduro, sobre todo el del sistema respiratorio por la inapropiada técnica de respiración, debido a que a medida que aumenta el trabajo pulmonar la economía respiratoria y la cantidad de aire que está siendo ventilado no aumentan de manera correspondiente, por tanto, un niño o niña en etapa prepúber hiperventila, lo que significa que la respiración es alta y superficial, es decir, depende

principalmente de la frecuencia respiratoria. En este sentido, esta última variable presenta un rango de 18-120 respiraciones por minuto. En cuanto al sistema cardiovascular (tema que se abordará más adelante en profundidad) en la prepubertad la frecuencia cardíaca es elevada y fluctúa entre los 200 y los 215 lat/min y la concentración de hemoglobina es similar tanto en niñas como en niños, por lo que las diferencias de rendimiento en una determinada actividad tienen relación con otros factores. En este marco, hacia el final de la prepubertad, los niños en comparación a las niñas tienen un mayor rendimiento cardiorrespiratorio, esta diferencia puede explicarse a partir de los cambios en la composición corporal principalmente debido a que los hombres comienzan a incrementar su masa magra y las mujeres la masa grasa. Investigaciones acerca del desarrollo del fitness cardiorrespiratorio con poblaciones púberes no entrenadas permite generalizar ciertos resultados como el aumento continuado de esta capacidad en hombres hasta la edad adulta, logrando su peak de $VO_{2máx}$ entre los 18 y 20 años (Wilmore & Costill, 2007), mientras que en mujeres comparativamente se producen disminuciones o estancamientos en las mismas edades (Kohler, 1976 citado por Meinel & Schnabel, 2004). De acuerdo con lo señalado por Obert et al. (2003), generalmente las mujeres ante esfuerzos similares con hombres, reportan un menor $VO_{2máx}$ debido, principalmente, a sus modificaciones morfológicas, fisiológicas y endocrinas. Uno de los cambios más destacados es el aumento del contenido graso, factor que repercute considerablemente en el rendimiento aeróbico de las mujeres (Barbany, 2010). Es importante señalar que ambos géneros ven ampliada su capacidad a medida que aumentan los niveles de crecimiento, desarrollo y maduración.

Tanto López & Fernández (2008), como Wilmore & Costill (2007), indican que en comparación a adultos el fitness cardiorrespiratorio en términos de $VO_{2máx}$ expresada en L/min en los niños y niñas es inferior a niveles similares de entrenamiento. Esto se debe a la menor capacidad tanto en el volumen sistólico como en el gasto cardíaco máximo del niño o niña, sin embargo, cuando el $VO_{2máx}$ es expresado en relación con el peso corporal no existe diferencia. De todos modos, de acuerdo con lo señalado por Thompson & Baxter-Jones (2002) el rendimiento de un niño o niña siempre será menor que en hombres y mujeres en lo que respecta al $VO_{2máx}$.

Según Dietrich et al. (2004) existen factores determinantes del fitness cardiorrespiratorio que se modifican a través del desarrollo y crecimiento, estos factores explican el porqué del aumento constante de esta capacidad hasta llegar a la madurez:

- Economía de carrera: Automatización y precisión de movimientos (Frecuencia de zancada).
- Metabolismo energético: Desarrollo enzimático.
- Cambios en la composición corporal: Aumento de la masa magra.
- Eficiencia ventilatoria: Desarrollo cardiorrespiratorio.
- Voluntad de resistir a la fatiga.

Según los autores Obert et al. (2003) y Baxter-Jones & Maffulli (2003), durante la pubertad se producen aumentos importantes del $VO_{2m\acute{a}x}$ con programas de entrenamiento aeróbico, sin embargo, las modificaciones de dicho parámetro aún son discutibles (Thompson & Baxter-Jones, 2002). En tal sentido, es posible que el $VO_{2m\acute{a}x}$ a medida que pasan los años se incremente tanto en mujeres como en hombres, no obstante, este aumento siempre es inferior en las mujeres particularmente después de la pubertad (Mota et al., 2002).

Las respuestas y adaptaciones del sistema cardiorrespiratorio de NNA son diferentes de acuerdo con el sistema involucrado:

Respuesta del sistema respiratorio en ejercicios submáximos:
 Los niños y niñas en etapa prepuberal tienen una frecuencia ventilatoria más acelerada y menos profunda que los adultos, lo cual la hace antieconómica, de igual manera la capacidad vital y el volumen respiratorio máximo en un minuto se ve disminuido (Delgado, 1994). En la etapa puberal presentan una menor eficiencia respiratoria en comparación a los adultos, ya que el coeficiente ventilatorio para el oxígeno es menor. Por otra parte, la frecuencia respiratoria disminuye progresivamente y se hace más profunda ante una carga submáxima constante al igual que el volumen minuto (VE), y también se produce un aumento de la difusión alveolo capilar. En ejercicios de intensidades ligeras o moderadas el VE aumenta proporcionalmente al VO_2 hasta aproximadamente el 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$ (López & Fernández, 2008). Según Thompson & Baxter-Jones (2002) los varones entre los 12 y los 13 años de edad tienen una ventilación máxima de 70 L/min, pero al llegar a los 18 años aumentan a 100 L/min, en cambio las damas de entre los 12 y los 13 años a los 18 años solo aumentan de 70 L/min a 80 L/min.

Adaptaciones del sistema respiratorio al entrenamiento: Existe controversia sobre las adaptaciones pulmonares que el ejercicio físico pueda reportar a la función respiratoria, sin embargo, se han descrito diferencias significativas en los valores de reposo en la capacidad vital (CV), volumen espirado en el primer segundo (FEV1) o máxima ventilación voluntaria (MVV), después de períodos de entrenamiento prolongados (González, 2007).

López & Fernández (2008), muestran que un grupo de niñas practicantes de natación luego de 3 años de entrenamiento obtenían valores más altos de CV, volumen corriente (VT), capacidad pulmonar total (CPT) y capacidad residual funcional (CRF) que niñas que no realizaban natación. Sin duda, el ejercicio físico mediante las adaptaciones que produce mejora la función pulmonar general, tanto en individuos sanos, así como también, en personas con enfermedades respiratorias.

Respuesta cardiovascular al ejercicio submáximo: Tanto en niños y niñas como en jóvenes, la frecuencia cardíaca es más alta en situaciones de reposo y de ejercicios en comparación a hombres y mujeres. El volumen sistólico y el gasto cardíaco son menores en niños y niñas al ser comparados estos parámetros con hombres y mujeres, esto se debe principalmente al menor desarrollo muscular en el corazón. Sin embargo, durante la pubertad tanto la frecuencia cardíaca como el volumen sistólico disminuyen paulatinamente en ejercicio submáximo y en la recuperación, lo cual se debe al crecimiento y desarrollo del músculo cardíaco y al aumento del volumen sanguíneo. La presión arterial se comporta muy similar a la de hombres y mujeres (Zafeiridis et al., 2010), aunque se debe considerar en su evaluación tanto la estatura como la edad, de acuerdo con lo propuesto por Flynn et al. (2017).

Adaptaciones del sistema cardiovascular al entrenamiento: Estudios reflejan una mayor masa ventricular izquierda y mayor capacidad del ventrículo izquierdo tanto en diástole como en sístole, una disminución de la frecuencia cardíaca tanto en ejercicio submáximo como en períodos de recuperación, y un mayor VO_2 ante ejercicios de intensidades submáximas (Dietrich et al., 2004).

Tabla 1. Respuestas centrales y periféricas en relación al ejercicio en niños y niñas (Adaptado de Bar-Or, 1983 citado en Bahamonde & Cancino, 1997).

Función cardiovascular	Función respiratoria
Mayor Fc submáxima y máxima	Mayor Fv submáxima
Menor VS submáximo y máximo	Mayor frecuencia respiratoria submáxima y máxima
Menor GC	Mayor equivalente ventilatorio submáximo y máximo
Menor PAS y PAD	Mayor VC submáximo y máximo
Mayor diferencia arterio-venosa submáxima	Menor presión parcial de CO ₂

Fc; frecuencia cardíaca. VS; volumen sistólico. GC; gasto cardíaco. PAS; presión arterial sistólica. PAD; presión arterial diastólica. Fv; frecuencia ventilatoria. VC; volumen corriente. CO₂; dióxido de carbono.

El objetivo de las modificaciones cardiovasculares, respiratorias y metabólicas producidas con el ejercicio físico es satisfacer las necesidades de oxígeno de forma más eficiente en el músculo activo, por lo tanto, los incrementos funcionales producidos en el organismo con los procesos de crecimiento, desarrollo y maduración de los órganos del cuerpo suponen un acrecentamiento del fitness cardiorrespiratorio tanto en edad infantil, juvenil y adulta. En este marco, el fitness cardiorrespiratorio se ha transformado en un indicador importante de salud (Ortega et al., 2008) y, por tanto, su desarrollo juega un papel crucial en las actividades asociadas con la promoción de actividad física y estilos de vida saludables (Jankowski et al., 2015).

Estudios han demostrado que un fitness cardiorrespiratorio deficiente se asocia de manera independiente con los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares y el exceso de adiposidad (Ortega et al., 2008). Un nivel alto de fitness cardiorrespiratorio es considerado uno de los principales componentes para la protección de niños, niñas y jóvenes (Stratton et al., 2007). Junto a lo anterior es capaz de predecir el estado de salud de la vida adulta (Soto-Sánchez & Arnaiz, 2018) (Figura 16).

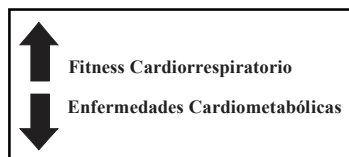


Figura 16. Relación entre el Fitness Cardiorrespiratorio y las Enfermedades Cardiometaabólicas.

Capítulo 5.

MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DEL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO

Para el desarrollo de la condición física existen diferentes métodos, los cuales obedecen a distintos estilos, maneras, modelos teóricos y prácticos, que las ciencias de la actividad física han estudiado, desarrollado, validado y probado a través de trabajos científicos acerca de las formas de aplicar estímulos en NNA y adultos. A este respecto, la teoría del entrenamiento muestra diferentes métodos para lograr el desarrollo del fitness cardiorrespiratorio, tanto generales como específicos, en etapas de formación física; infantil, juvenil, para la salud, para el ocio o el entrenamiento deportivo (Reyes-Amigo & Palmeira, 2019). Cada uno de los métodos es utilizado para el desarrollo de esta capacidad, ya que están orientados para llevar a cabo procesos de adaptación en el metabolismo energético y el sistema cardiorrespiratorio, dirigidos principalmente al aumento del $VO_{2máx}$ (Dietrich et al., 2004).

Diferentes autores como Navarro (1998), Platonov & Bulatova (2001), Verkhoshansky (2002), Gibala et al. (2012), mencionan y caracterizan métodos científicamente comprobados que favorecen al desarrollo del fitness cardiorrespiratorio los cuales se indican en la Figura 17.

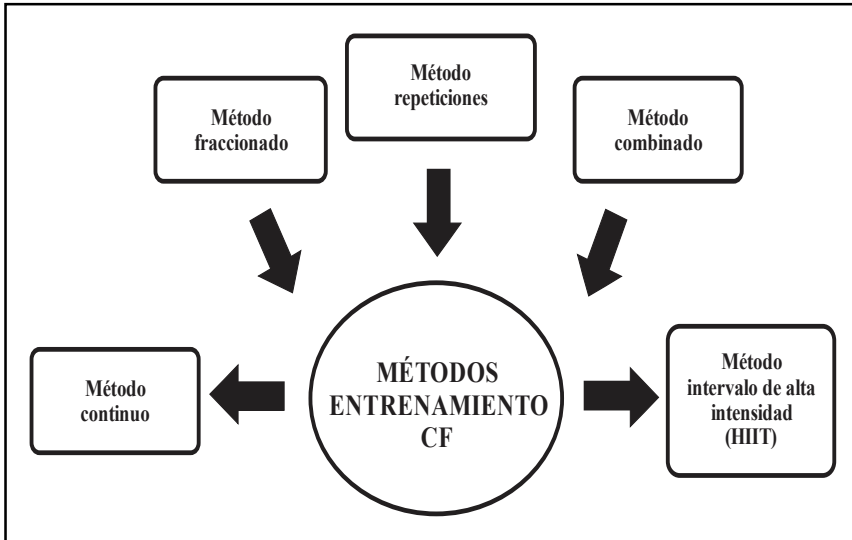


Figura 17. Principales métodos de entrenamiento del fitness cardiorrespiratorio (CF).

Método Continuo: Caracterizado por la aplicación de un estímulo ininterrumpido de larga duración. Este método se puede ejecutar de 2 maneras:

1. Método continuo uniforme: Se caracteriza por ser a una velocidad constante y con un gran volumen de trabajo, sin pausas y de acuerdo con la intensidad y el volumen se puede dividir en:

- A. Método continuo extensivo: Intensidad baja o media, entre el 50 – 70% del $VO_{2m\acute{a}x}$, volumen alto entre 30 minutos y 2 horas, produce efectos metabólicos como la oxidación de ácidos grasos libres, el ahorro de glucógeno y mejora la eficiencia aeróbica, la economía del trabajo cardíaco y la recuperación.
- B. Método continuo intensivo: Intensidad media o media alta al 70 – 80% $VO_{2m\acute{a}x}$, volumen medio – alto entre 30 y 90 minutos, sus efectos metabólicos se vinculan con una mejora en la utilización del glucógeno, y aumento de la velocidad a nivel de umbral anaeróbico, aumento del $VO_{2m\acute{a}x}$, fisiológicamente aumenta el número de capilares, incremento del rendimiento cardíaco y mejora la reutilización de lactato desde las fibras que lo producen hacia el cerebro, hígado, riñones, corazón y pulmones.

2. Método continuo variable: Trabajo sin interrupciones con variaciones de intensidad, las cuales dependen de los cambios de velocidad en los desplazamientos. De acuerdo con la intensidad y duración de los tramos más intensos se divide en:

- A. Método continuo variable 1: Momentos de elevadas intensidades mayores a 5 min y momentos de menor intensidad en un tiempo menor a 3 minutos, intensidad media entre el 60 – 70% del $VO_{2m\acute{a}x}$, sus efectos se enfocan en la mejora de la eficiencia cardíaca y recuperación durante el ejercicio.
- B. Método continuo variable 2: Momentos de elevada intensidad, tienen una duración de entre 3 y 5 minutos, intensidad media – alta 70 – 80% $VO_{2m\acute{a}x}$, efectos en la mejora de la eficiencia cardíaca y recuperación post ejercicio.
- C. Método Fartlek: Este modo de entrenar tiene las mismas particularidades de los métodos anteriores. Sin embargo, este sistema tiene la peculiaridad de que los cambios de velocidad los determina el sujeto o están dados por los accidentes del terreno.

Método Fraccionado: Se caracteriza por dividir el volumen de entrenamiento en fases de carga y descanso, dentro de este método se destacan:

1. Método interválico: Esta variante del método fraccionado es singular debido a que las pausas son incompletas (determinadas, por ejemplo, a través de la frecuencia cardíaca al momento de realizar un test incremental).

- A. Método interválico extensivo largo: Intensidad baja o media entre el 50 – 70% del $VO_{2m\acute{a}x}$, el volumen total de la sesión es alto entre 30 minutos y 2 horas, duración de la carga de 2 a 15 minutos y pausas cortas de 45 segundos. Efectos en el aumento del $VO_{2m\acute{a}x}$, incremento del umbral anaeróbico, eficiencia en el metabolismo glucolítico, incremento de glucógeno en fibras lentas (ST) u oxidativas.
- B. Método interválico extensivo medio: Intensidad media o media alta al 70 – 80% $VO_{2m\acute{a}x}$, el volumen total de la sesión es medio – alto entre 30 y 90 minutos y duración de la carga de 1 a 3 minutos y pausas largas de 90 segundos. Efectos en el aumento de capacidad de reutilización de lactato y aumentos del $VO_{2m\acute{a}x}$.

- C. Método interválico intensivo corto 1: Intensidad alta 80% $VO_{2máx}$, el volumen total de la sesión es bajo 30 minutos, duración de la carga entre 15 y 60 segundos, pausas largas de 90 segundos. Efectos en el aumento de capacidad en la reutilización de lactato, implicancia de las fibras FT, trabajo en áreas anaeróbicas lácticas y aumento del $VO_{2máx}$.
- D. Método interválico intensivo corto 2: Intensidad máxima 90% $VO_{2máx}$, el volumen total de la sesión es bajo 30 minutos, duración de la carga entre 8 y 15 segundos, pausas largas de 90 segundos. Efectos en el aumento de capacidad en la reutilización de lactato, implicancia de las fibras FT, trabajo en áreas anaeróbicas alácticas y aumento del $VO_{2máx}$.

Método de Repeticiones: Este se refiere a recorridos de distancias relativamente cortas a una intensidad muy alta, con pausas de recuperación casi completas, entre cada repetición, esto con el fin de que los sistemas vuelvan a la normalidad.

- A. Método de repeticiones largo: Intensidad 90% $VO_{2máx}$, el volumen total de la sesión es bajo, duración de la carga 2 a 3 minutos, efectos en el aumento de la potencia aeróbica, aumento del $VO_{2máx}$ y en la capacidad anaeróbica láctica.
- B. Método de repeticiones medio: Intensidad 95% $VO_{2máx}$, el volumen total de la sesión es bajo, duración de la carga 45 a 60 segundos, efectos en el aumento de la potencia anaeróbica y mejoramiento de la vía láctica de producción de energía.
- C. Método de repeticiones corto: Intensidad 95-100% $VO_{2máx}$, el volumen total de la sesión es bajo, duración de la carga 20 a 30 segundos, efectos en el aumento de la potencia anaeróbica y mejoramiento de la vía láctica de producción de energía.

Método Combinado: De acuerdo a Dietrich et al. (2004), este método, además de tener las exigencias propias de un trabajo de potencia aeróbica, está compuesto por tareas adicionales como zig-zag, agilidad, coordinación, skipping, slaloms, rodadas, saltos (pies juntos o de un pie), cambios de dirección, pasadas por debajo, botear balones y ejercicios de técnica de carrera, por tanto, es apropiado para poblaciones prepuberales y puberales, ya que rompe con la monotonía de los ejercicios de potencia aeróbica tradicionales. La intensidad del ejercicio debe ser de sobre 140 lat/min con una duración de 15 a 20 minutos.

- A. Pista de recorrido: Recorrer una pista con diferentes obstáculos y con secuencias de cargas determinadas por las tareas de dicho recorrido.
- B. Juegos de resistencia: Formación de equipos de oposición, los sujetos deben recorrer distancias cortas y largas desde un punto determinado a otro en competencia. Duración 30 minutos con 3 series de 10 repeticiones (3 x 10) y 3 minutos de pausa.
- C. Programa carrera con balón: Recorridos de distancias cortas y largas con cambios de velocidad planificada en parejas con balón ejercitando el lanzamiento y la recepción, realizar el recorrido una y otra vez. Duración 30 min (3 x 10) con 3 minutos de pausa.

Método Intervalado de Alta Intensidad: Uno de los métodos más recientemente estudiados en etapas tempranas es el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) (García-Hermoso et al., 2016), el cual se describe como ejercicios intermitentes de carácter explosivo y vigoroso, con períodos de descanso o ejercicios de baja intensidad (Gibala et al., 2012). A este respecto, es importante indicar que las diferencias en la intensidad de las actividades es particularmente importante considerando que el tiempo que se dedique a actividades de intensidad vigorosa está fuertemente asociada a numerosos beneficios para la salud (fitness cardiorrespiratorio, presión arterial sistólica y composición corporal) comparado con actividades de baja a moderada intensidad (Carson et al., 2014). En este sentido, programas de ejercicios aeróbicos con actividades interválicas o intermitentes de corta duración y alta intensidad podrían ser eficaces para mejorar rápidamente el fitness cardiorrespiratorio en NNA. Sin embargo, los estudios en esta área aún no son suficientes y se necesitan más investigaciones experimentales para establecer el óptimo volumen y la seguridad de estos ejercicios para población infantil (Carson et al., 2014).

En la actualidad existe evidencia de los beneficios a nivel cardiometabólico de este tipo de ejercicios o actividades, ya que algunos estudios muestran incrementos en el $VO_{2\text{máx}}$, la velocidad aeróbica máxima, capacidad aeróbica y la capacidad anaeróbica de NNA (Baquet et al., 2002; Baquet et al., 2001; Lau et al., 2014). Un importante número de estudios muestran hallazgos alentadores respecto de este tipo de estímulos; no obstante, la prescripción de ejercicio físico aún no es clara, debido a que existen intervenciones con diferentes actividades de alta intensidad (juegos, bicicleta y carrera) (Baquet et al., 2010). Algunos autores (Biddle & Batterham, 2015) han cuestionado este tipo de ejercicio, ya que la

estructura de algunas intervenciones en estudios con niños y niñas han sido inadecuadas, debido a que han seguido estructuras aplicadas a adultos.

Para la aplicación de intervenciones en NNA es adecuado observar las actividades habituales de estos, sus patrones y características, para así promover actividades específicas siguiendo sus atributos naturales (ejemplo, fútbol y balonmano) (Seabra et al., 2016), los que permiten una motivación intrínseca desarrollando el disfrute con estas actividades, convirtiéndose en un potente predictor de participación en actividad física de NNA (Reyes-Amigo et. al., 2021). Los patrones de actividad física habitual en niños y niñas, son de naturaleza intermitente, caracterizados por cambios rápidos del reposo a la actividad física vigorosa. De acuerdo a lo anterior, el método HIIT ofrecería infinitas variantes manteniendo la naturaleza del estímulo y las intervenciones, es más, con este método se han reportado resultados positivos en el fitness cardiorrespiratorio (Baquet et al., 2010; Racil et al., 2016). Previamente fue señalada la importancia de esta variable como un marcador de salud (Ortega et al., 2008).

A partir de los diferentes hallazgos con investigaciones experimentales es que este método ha sido de interés para la realización de revisiones sistemáticas como Reyes-Amigo et al. (2017) quienes examinaron los efectos de HIIT en preadolescentes reportando hallazgos que indican modificaciones en el fitness cardiorrespiratorio (tabla 2). El trabajo de Eddols et al., (2017) muestra un extracto relacionado con las características de HIIT en población puberal y sus efectos en el fitness cardiorrespiratorio (tabla 3). Ambos trabajos indican características en cuanto a la modalidad de ejercicios, frecuencia semanal, tiempo de recuperación, tiempo de trabajo, número de semanas de aplicación de intervenciones, entre otras informaciones.

Tabla 2. Principales características de estudios que utilizaron HIIT en población prepuberal (Reyes-Amigo et al., 2017).

Estudio	Sujetos y edad	Grupos	Número	Modalidad e intensidad	Frecuencia semanal	Recuperación	Tiempo total	Duración Intervención
Baquet et al., 2001	551 escolares / 11-16 años	HIIT Control	503 48	Carrera ida-vuelta 100-120% MAS	1	10 s/10 s	60 min	10 semanas
Boddy et al., 2010	16 niñas / 11.8 ± 0.3 años	HIIT Control	8 8	Clase de baile 93,4% FC máxima	4	30 s/45 s	20 min	3 semanas
Racil et al, 2016	47 adolescentes obesas / 14.2 años	HIIT Moderate	17 16	Entrenamientos intervalados 100% MAS Entrenamientos intervalados 80% MAS	3	15 s/15 s 15 s/15 s	4-8 min 4-8 min	12 semanas
Sperlich et al., 2011	19 adolescentes futbolistas / 13.5 ± 0.4 años	Control HIIT Moderate	14 9 8	Entrenamientos intervalados 90-95% Fmáxima Entrenamientos intervalados 50-75% FC máxima	3-4	30 s - 4 min/ 30 s - 3min 10-30 min /1-3 min	30 min	5 semanas
Tjønna et al., 2009	54 adolescentes obesos y sobrepeso / 14.0 ± 0.3 años	HIIT Control	28 26	Caminata/Carrera 90-95% FC máxima	3	4 min/3 min	25 min	12 semanas
Weston et al., 2016	101 adolescentes / 14 años	HIIT Control	41 60	Juegos 90% FC máxima	3	45 s / 90 s	7-14 min	10 semanas

HIIT: Entrenamiento intervalado de alta intensidad, TG: Grupo entrenado, CG: Grupo control, MAS: Velocidad aeróbica máxima, FC: Frecuencia cardiaca, VO_{2PEAK}: Consumo oxígeno peak, s:Segundos, Min: Minutos.

Tabla 3. Principales características de estudios que utilizaron HIIT en población puberal (Adaptado Eddols et al., 2017)

Estudio	Sujetos y edad	Grupos	Número	Modalidad e intensidad	Frecuencia semanal	Recuperación	Tiempo total	Duración intervención
Corte de Araujo et al., 2012	39 niños obesos 8-12 años	HIIT TG	15 15	Caminata/Carrera 80% FCpeak Caminata/Carrera 100% MAS	2	3 min	30-60 min	12 semanas
Baquet et al., 2010	63 niños 8-11 años	HIIT TG CG	22 22 19	Carrera 100-190% MAS Carrera 80-85% MAS	3	1.5-30 s 5 min	18-39 min	7 semanas
Gamelin et al., 2009	28 niños 9,5 años	HIIT CG	22 16	Carrera 100-190% MAS	3	1.5-30 s	30 min	7 semanas
Lau et al., 2015	48 niños sobrepeso 10,4 años	HIIT TG	15 21	Carrera 120% MAS Carrera 100%MAS	3	15 s	6-8 min	6 semanas
McManus et al., 2005	35 niños 9-11 años	HIIT TG CG	10 10 15	Ciclismo 80-85% MAS Ciclismo continuo 75-85% VO _{2peak}	3	2 min 45 s	20 min	8 semanas
McNarry et al., 2015	26 niños obesos 9,3 años	HIIT CG	26 10		2	2 min	40-60 min	6 semanas
Mucci et al., 2013	24 niños 9-11 años	HIIT CG	9 9	Carrera 110-130% MAS Carrera 100% MAS	2	3 min	30 min	8 semanas
Noury et al., 2005	24 niños 9, 7-10 años	HITT CG	9 9	Carrera 100-130% MAS Carrera 100% MAS	2	3 min	30 min	8 semanas
Rosenkranz et al., 2012	18 niños 7-12 años	HITT CG	8 8	Carrera 100-130% MAS Carrera 100% MAS	2	No describe recuperación	30 min	8 semanas
Lambriek et al., 2015	55 niños 8-10 años	HIIT CT	28 27	Juegos 86% FC máxima	2	2 min	60 min	6 semanas

HIIT: Entrenamiento intervalado de alta intensidad, TG: Grupo entrenado, CG: Grupo control, MAS: Velocidad aeróbica máxima, FC: Frecuencia cardíaca, VO_{2peak}: Consumo oxígeno peak, s: Segundos, Min: Minutos.

Capítulo 6.

MONITOREO DE LA INTENSIDAD

El concepto de intensidad de la carga se refiere al nivel de esfuerzo que implica una determinada actividad física, generalmente, se clasifica en leve, moderada o vigorosa. Esta se determina mediante el grado de fatiga o la forma en que se realice, es decir, se emplean unidades de medida como los minutos y los segundos (espacio de tiempo) o metros por segundo y kilómetros por hora (velocidad de ejecución). La intensidad es probablemente uno de los aspectos del entrenamiento más importantes y es difícil de medir, determinar y precisar (Aznar & Webster, 2006).

Existen muchas formas de monitorear la intensidad del ejercicio físico, no obstante, en este libro se analizarán los 3 métodos más utilizados para determinar la intensidad en ejercicios aplicados para la mejora del fitness cardiorrespiratorio en población infanto-juvenil.

Frecuencia cardíaca (FC): Es una herramienta fisiológica del sistema cardiovascular que permite a las personas regular la intensidad del esfuerzo durante la realización de ejercicio físico (Zafeiridis et al., 2010). Este parámetro cardíaco destaca debido a su fácil manejo, a su carácter no invasivo y al adecuado control que le da al entrenamiento en relación al esfuerzo requerido, de manera que, aquellas personas que están siendo entrenadas reciban los estímulos de manera óptima (Sola & Rodríguez, 2010). Es importante mencionar que el concepto y monitoreo de la actividad física mediante la FC es posible de aplicar desde los 11 años de edad debido a los conocimientos matemáticos, por tanto, es fundamental que desde esta etapa los y las profesoras de Educación Física entreguen los conocimientos necesarios a NNA relativos a la FC, ya que esto les ayudará a comprender mejor el nivel de esfuerzo que tiene una

clase, así como también, a tomar las decisiones adecuadas con respecto a programar y planificar actividad física de manera autónoma tanto dentro como fuera del ámbito escolar, siendo este último uno de los desafíos más relevantes de la Educación Física moderna. El estudio de Obert et al. (2003) relacionado con las respuestas cardiovasculares producidas con un programa de entrenamiento de la potencia aeróbica, señala a la FC como indicador de la intensidad y además destaca la labor del profesor o profesora de Educación Física en la enseñanza y monitoreo de la FC.

En el ámbito escolar o de la actividad física para la salud, los objetivos del conocimiento de la FC de acuerdo con Achten & Jeukendrup (2003) básicamente son:

- Conocer y aplicar el uso de la FC como indicador de intensidad de la actividad.
- Regular y dosificar el esfuerzo, llegando a un nivel de autoexigencia acorde a las posibilidades de cada estudiante.
- Planificar actividades que permitan satisfacer las necesidades en relación a las capacidades físicas de hombres y/o mujeres.
- Programar la progresión de la carga de entrenamiento.

Utilización de la Frecuencia Cardíaca: Para comprender bien el uso de la FC es necesario conocer ciertos conceptos básicos que permiten el trabajo con este parámetro tanto antes, durante y después del ejercicio físico:

A. Frecuencia Cardíaca (FC): El músculo cardíaco es el encargado de recoger toda la sangre del cuerpo a través del retorno venoso, para que luego pase por los pulmones y sea enviada nuevamente a todo el cuerpo mediante el sistema circulatorio arterial. Durante este proceso se debe distinguir la sístole y la diástole. La sístole, consiste en la contracción ventricular mientras que en la diástole se produce la relajación del músculo tras la contracción. La consecución de una sístole y una diástole se denomina pulsación. Así es posible medir el número de contracciones ventriculares del corazón en lat/min. El fenómeno descrito es conocido como FC y en el ámbito del ejercicio físico se utiliza como medidor o indicador de la intensidad del ejercicio físico, es decir, qué nivel de esfuerzo se está realizando. En definitiva, la FC puede

aplicarse para monitorear la intensidad de la actividad física, estimar el $VO_{2\text{máx}}$ y el gasto energético, y detectar y prevenir el sobentrenamiento (Achten & Jeukendrup, 2003).

- B. Frecuencia Cardíaca Máxima ($FC_{\text{máx}}$): Máximo valor alcanzable durante la ejecución de un ejercicio físico o límite máximo del incremento de la función cardiovascular central (Robergs & Landwehr, 2002). El valor de la $FC_{\text{máx}}$ es de carácter individual y por tanto múltiples factores influyen en ella (López & Fernández, 2008). Los factores intervinientes en este concepto pueden ser: Edad, sexo, condiciones ambientales, grupos musculares implicados en la actividad física, nivel de entrenamiento y patologías que puedan tener las personas que están siendo entrenadas. Tradicionalmente en hombres y/o mujeres se ha estimado mediante la fórmula: $220 - \text{Edad}$, sin embargo, según un acucioso estudio realizado por Robergs & Landwehr (2002) con respecto a la $FC_{\text{máx}}$, señala que esta fórmula no es precisa y no está comprobada con el rigor científico requerido, por lo que proponen la fórmula de Invar como la más apropiada para estimar la $FC_{\text{máx}}$ mediante la fórmula: $205.8 - 0.685(\text{edad})$. Cabe señalar que los autores en sus conclusiones determinan que aún no existe una fórmula que sea realmente precisa. Es importante mencionar que la $FC_{\text{máx}}$ ante un mismo esfuerzo es más alta en niños y niñas que en adultos, por lo tanto, no es extraño encontrar en niños y niñas una FC superior a 200 lat/min, sin embargo, las distancias se van equiparando con la edad sobre todo posterior a la adolescencia. Se puede señalar que la $FC_{\text{máx}}$ en NNA es del orden de entre 195 y 215 lat/min (López & Fernández, 2008). Por ese motivo, una solución a la estimación es la medición de esta en una prueba incremental, para así contar con los datos de manera objetiva y evitar errores en la programación del ejercicio físico en población infantil.
- C. Frecuencia Cardíaca en Reposo (FC_{R}): Es la FC que se posee al momento de menor actividad física y se denomina el límite inferior de la FC útil. En hombres y/o mujeres sedentarios los valores fluctúan entre 60 y 80 lat/min en comparación con hombres y/o mujeres entrenados que fluctúa entre 28 y 40 lat/min (Wilmore & Costill, 2007 citado en Sola & Rodríguez, 2010).

- D. Frecuencia Cardíaca de Reserva (FC_{res}): Es la diferencia entre la $FC_{m\acute{a}x}$ y la FC_R y permite un cálculo más preciso de la FC de entrenamiento, ya que toma en consideración a la FC_R .
- E. Frecuencia Cardíaca de Trabajo ($FC_{trabajo}$): Este concepto hace referencia a la FC de entrenamiento y se puede definir como el establecimiento de un ritmo en lat/min que se debe llevar al momento de realizar las acciones motrices con el fin de que esta intensidad provoque el estímulo necesario para producir la pretendida supercompensación posterior y la consecuente mejora del rendimiento.

Cálculo de $FC_{trabajo}$ mediante la fórmula de Karvonen, 1983 citado por Billat (2002):

1. $FC_{trabajo} = (FC_{m\acute{a}x} - FC_R) \times \% FC_{m\acute{a}x} + FC_R$
2. $\%FC_{res} = (\text{intensidad del ejercicio en } \% \times FC_{res}) + FC_R$

Actualmente, es fácil adquirir un monitor de FC, ya que, numerosas tiendas los ofrecen, por lo tanto, cada vez es más frecuente su presencia entre las personas que realizan ejercicio físico. Sin embargo, en caso de no contar con este instrumento se recomienda utilizar el método del conteo manual, el cual tiene una alta correlación con los métodos digitales (Martínez, 2010). Este método se realiza ubicando el dedo índice y medio en el punto radial o carotídeo. Esta medición se puede realizar ya sea durante 6 segundos (multiplicando por 10), 15 segundos (multiplicando por 4), o 10 segundos (multiplicando por 6); siendo este último el más adecuado, ya que, no incide la recuperación y disminuye el error perceptivo que se puede cometer por la falta de práctica (Sola & Rodríguez 2010).

En poblaciones púberes se sugiere entrenar con intensidades en relación a la FC (lat/min), y esta debiera fluctuar entre los 140 y los 170 lat/min, es decir, entre un 60% y un 85% de la $FC_{m\acute{a}x}$ (Williams et al., 2010).

Índice de esfuerzo percibido: La percepción de esfuerzo (PE) corresponde a la valoración subjetiva causada, en parte, por los cambios metabólicos producidos durante la actividad física. Generalmente, la escala de percepción ha sido asociada con la percepción subjetiva de dificultad respiratoria (disnea), pero la PE constituye una configuración de sensaciones que vincula de manera integrada el esfuerzo físico y que involucra tanto a la disnea, el estrés, como a la fatiga de los sistemas

muscular, cardiovascular y respiratorio durante el ejercicio físico (Lamb & Roger, 1997). En este marco, los primeros estudios en este campo fueron realizados a finales de los años 50 e inicios de los 60 por Gunnar Borg; investigador que desarrolló el primer instrumento de evaluación (homónimo) para cuantificar el índice de esfuerzo (Shulruf et al., 2020). La escala de Borg posee 15 categorías numéricas (6-20) y descriptores verbales que representan el nivel de intensidad del ejercicio ejecutado. El rango de descriptores numéricos de esta escala fue establecido en interdependencia con la FC de adultos durante el ejercicio con el fin de estimar el estrés fisiológico desde una simple operación aritmética a partir de la PE ($FC = PE \times 10$). Más tarde fue desarrollada la escala «*category ratio 0-10*» (CR-10) la cual, presenta propiedades de razón/proporción y permite un procesamiento estadístico más elaborado (Borg, 1982). Estas escalas han sido ampliamente investigadas en población adulta. En los años 70 se realizaron los primeros estudios que utilizaron PE en población infantil. Estos estudios mostraron evidencia por primera vez en niños y niñas que la PE incrementa de manera lineal con el ascenso de la FC durante el ejercicio físico de intensidad incremental. Posteriormente, existió una carencia de estudios y los pocos que se llevaron a cabo para determinar las propiedades psicométricas de las escalas de Borg en niños y niñas, mostraron resultados controversiales. Un avance significativo en el estudio de la PE en niños y niñas fue realizado por Eston et al. (1994) quienes, 5 años más tarde, desarrollaron la escala CERT (Children Effort Rating Table) (Williams et al., 1994), validando el primer instrumento para la medición del esfuerzo percibido confeccionado exclusivamente para población infantil (Figura 18). Esta escala presenta un rango de categorías numéricas más intuitivo (1-10) y expresiones verbales de esfuerzo ampliamente entendidas por NNA.

Tabla de calificación de esfuerzo para niños (CERT)	
1.....	Muy, muy fácil
2.....	Muy fácil
3.....	Fácil
4.....	Siento algo de esfuerzo
5.....	Comienza a ponerse duro
6.....	Bastante duro
7.....	Duro
8.....	Muy duro
9.....	Muy, muy duro
10.....	Muy, muy duro necesito parar

Figura 18. Escala CERT (*Children effort rating table*)

Actualmente existe más información sobre la validez de la utilización de estas escalas en población infanto-juvenil, como la Escala OMNI-Step y OMNI-Cycle (Robertson et al., 2005). Estas escalas están validadas para ser aplicadas en niños y niñas de 8 a 12 años de edad para así estimar la PE. Esta evidencia de validez amplía la aplicación del sistema pictórico de esfuerzo percibido OMNI, haciendo posible la programación de ejercicio físico en cuanto a la intensidad basada en la PE para una gran variedad de actividades físicas tanto de corte aeróbico como de fuerza muscular. Los descriptores pictóricos representan tanto a damas como varones.



Figura 19. Escala de percepción de esfuerzo para niños y niñas (Adaptación Robertson, 2005).

La PE durante el ejercicio constituye una variable con propiedades psicométricas apropiadas para ser utilizada en población infantil. La evidencia es contundente en establecer su validez en NNA a partir de los 4 años a través de escalas adaptadas y mediante el paradigma de estimación. Solo a partir de los 8 años es posible sugerir su aplicación mediante el paradigma de estimación-producción y desde los 13 a 15 años mediante escalas de población adulta como la de Borg 6-20.

Velocidad Aeróbica Máxima (VAM): El control de la intensidad de los ejercicios es fundamental y aún más importante es individualizarla en función de cada persona facilitando el desarrollo del fitness cardiorrespiratorio. Mediante la VAM es posible precisar el estímulo fisiológico ya sea de carácter aeróbico o anaeróbico. Entre los años ochenta y noventa (Berthoin et al., 1994) se desarrolló el concepto de VAM, fundamental para el entrenamiento aeróbico. Dicha velocidad está relacionada con los valores obtenidos en pruebas de $VO_{2\text{máx}}$. Es necesario definir con precisión dicha velocidad de referencia a través de pruebas de laboratorio o de campo para desarrollar con eficacia el fitness cardiorrespiratorio, que incluye el concepto de la potencia aeróbica máxima. La VAM representa la base fundamental para organizar de forma

precisa las cargas de trabajo aeróbico durante el entrenamiento y puede medirse directamente con pruebas continuas o intermitentes, sin embargo, las pruebas pioneras en la estimación de la VAM son el test de pista y el test de 20 metros ida y vuelta (Berthoin et al., 2003). El principal interés de estas pruebas es establecer intensidades de carrera. Sin embargo, estos test son útiles solo si quienes los están realizando están en el límite de sus capacidades físicas para alcanzar la máxima velocidad al $VO_{2máx}$.

Test de Pista

Objetivo: Correr el mayor tiempo posible respetando la velocidad progresivamente creciente indicada por una señal sonora y referencias visuales (conos).

Administración: La prueba se desarrolla en una pista marcada cada 25 metros. Un audio previamente grabado impone la velocidad de las y los corredores mediante sonidos breves al momento que pasan por las referencias. Un sonido más largo en la referencia marcará el cambio de período. Los y las ejecutantes deben ajustar su velocidad para coincidir con los sonidos y las referencias. La prueba comienza con una velocidad de 8 km/h y luego la velocidad aumenta en 1 km/h cada 2 minutos. La prueba termina cuando los y las ejecutantes no pueden seguir el ritmo establecido por la señal sonora. La velocidad alcanzada en el último período completamente realizado será establecida como la VAM. El o la ejecutante que termina el test está en predominancia anaeróbica. Por esta razón es que hay que respetar como VAM la velocidad alcanzada la última vez que completo un período.

Materiales:

- Circuito cerrado de al menos 100 metros señalizado cada 25 metros.
- De 4 a 16 conos numerados.
- Reproductor de señal sonora.
- Cronómetros.
- Planillas de anotación.

Test 20 metros ida y vuelta

Objetivo: Correr el mayor tiempo posible respetando velocidades progresivamente crecientes indicadas por una señal sonora.

Administración: Los y las ejecutantes corren ida y vuelta entre 2 líneas separadas por 20 metros. Un audio previamente grabado impone la velocidad de las y los corredores mediante sonidos breves al momento de llegar a una línea. Los y las ejecutantes deben pisar la línea con su pie y dar media vuelta al momento en que es emitida la señal sonora. Un sonido más largo en la referencia marcará el cambio de período. Los y las ejecutantes deben ajustar su velocidad para coincidir con los sonidos. La prueba comienza con una velocidad de 8,5 km/h y luego la velocidad aumenta en 0,5 km/h cada minuto. La prueba termina cuando los y las ejecutantes no pueden seguir el ritmo establecido por la señal sonora. La velocidad alcanzada en el último período completamente realizado será utilizada en una ecuación para así determinar la VAM. El o la ejecutante termina el test en predominancia anaeróbica. Por esta razón es que hay que respetar como VAM la velocidad alcanzada la última vez que completo un período.

Ecuación:

$$\text{VAM km/h: } 0,416 \times \text{Velocidad alcanzada} + 6,123$$

Materiales:

- Espacio que permita trazar 2 líneas separadas por 20 metros.
- Reproductor de señal sonora.
- Cronómetros.
- Planillas de anotación.

De acuerdo a Berthoin et al. (2003) para calcular la VAM es mejor utilizar el Test de Pista que el Test de 20 metros ida y vuelta, ya que, en razón de los estudios de estos autores, la velocidad alcanzada con el Test de 20 metros ida y vuelta es menor al Test de Pista, por tal motivo, se recomienda ajustar el resultado en cuanto a la velocidad a través de la ecuación señalada anteriormente en la administración del Test de 20 metros ida y vuelta.

Capítulo 7.

VALORACIÓN DEL FITNESS CARDIORRESPIRATORIO EN EDAD INFANTIL Y JUVENIL

Los test son instrumentos de medición, a los que se recurre para observar y valorar capacidades y aptitudes, ya sean, físicas, psíquicas, psicológicas, fisiológicas, entre otras (Martínez, 2010). A este respecto, los test cumplen una función destacada en lo referente a categorizar la condición física y establecer niveles referentes de ella. La condición física, depende de la acción conjunta de funciones fisiológicas que se pueden medir de manera independiente con métodos directos con cierto grado de complejidad, los cuales exigen un equipamiento de laboratorio especializado y costoso (ergoespirómetros, plataformas de salto, analizadores de sangre, monitores de ritmo cardíaco, entre otros.). No obstante, existen otras formas de estimar la condición física a través de baterías de test indirectos que miden mecanismos fisiológicos del sistema respiratorio, cardiovascular o neuromuscular, sin equipamientos costosos. Las formas indirectas de medición de los componentes de la condición física, como lo es el fitness cardiorrespiratorio, son representadas por la duración de un ejercicio físico, una distancia recorrida, velocidad alcanzada o un número determinado de lat/min (Montecinos et al., 2005). Estudios como el de Montecinos et al. (2005), señalan que la medición de parámetros fisiológicos en NNA debe ser cuidadosa, ya que estos presentan continuos cambios tanto cuantitativos como cualitativos, debido a su estado hormonal, a su crecimiento corporal, a sus volúmenes pulmonares y a sus dimensiones cardiovasculares, por tanto, es importante tener en cuenta la evolución de las personas al momento de aplicar un test físico en población infantil.

Como se señaló anteriormente (Capítulo 4), el fitness cardiorrespiratorio se cuantifica en el $VO_{2máx}$ tanto en términos absolutos

como relativos. De manera absoluta en litros por minuto L/min y se utiliza para calcular la cantidad total de energía aeróbica o de calorías que el cuerpo puede generar en un determinado tiempo. La forma comúnmente utilizada es la medición relativa del $VO_{2\text{máx}}$, ya que es más significativa, debido a que la capacidad funcional de una persona depende del desplazamiento de su peso corporal (George et al., 2005). Se determina en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso por minuto (ml/kg/min) y representa el consumo de oxígeno requerido para mover un kilogramo de peso corporal por minuto.

En cuanto a la medición indirecta del $VO_{2\text{máx}}$ existen una amplia variedad de pruebas, en las cuales es imprescindible la cooperación del ejecutante para realizar un esfuerzo de carácter máximo con el objetivo de obtener resultados fiables. Todo test cardiorrespiratorio debe implicar en su ejecución un esfuerzo prolongado en el tiempo, en la ejecución deben participar grandes masas musculares y durante la realización del test no deben ocurrir dificultades técnicas que disminuyan o interrumpan el desarrollo del test (Martínez, 2010). Por otra parte, en lo referente a la medición de laboratorio del fitness cardiorrespiratorio, esta se puede realizar mediante un analizador de gases en una prueba de ergoespirometría en un tapiz rodante, considerada la mejor forma de medir este parámetro, es decir, el gold estándar. Sin embargo, existen métodos de campo indirectos que pueden ser aplicados en población infanto-juvenil que tienen una fuerte evidencia científica. Las dos pruebas de campo, con la evidencia más potente, son el test de 20 metros ida y vuelta y la prueba de la Milla (Castro-Piñero et al., 2010).

Test 20 Metros Ida y Vuelta: Es el test que presenta la evidencia científica más potente respecto de su utilización con NNA. Esta prueba ha evolucionado desde su creación, de acuerdo a lo publicado por Montoro en el año 2003, relata que los científicos Leger, L., Mercier, D., Godoury, C. & Lambert (1988) confeccionaron este test para calcular de manera indirecta el $VO_{2\text{máx}}$ en estudiantes universitarios(as). La prueba consistía en recorrer una superficie de 20 metros a una velocidad inicial de 8 km/h, y que aumentaba progresivamente medio km/h cada 2 minutos hasta que los y las estudiantes no podían seguir el ritmo y se detenían. La velocidad aeróbica máxima obtenida y la edad de la persona se introducían en una ecuación de regresión que proporcionaba de manera indirecta el $VO_{2\text{máx}}$. Léger se propone como meta que el test pueda ser aplicado en las clases de Educación Física, por lo tanto, tuvo que realizar modificaciones para que los niños y niñas no se aburrieran durante los primeros períodos.

Debido a esto, se reduce el tiempo de cada estadio, de tal manera que la velocidad no aumente cada 2 minutos, sino que cada 1 minuto en medio kilómetro, así el test se hizo más dinámico. En tal sentido Prats et al. (1986) citado por Montoro (2003), realizan un estudio con 10 estudiantes de Educación Física (6 varones y 4 damas), de entre 21 y 30 años. Los resultados del estudio arrojaron que no existen diferencias significativas en el $VO_{2m\acute{a}x}$, entre el test de 20 metros ida y vuelta y una prueba de laboratorio aplicada en cinta ergométrica. Van Mechelen et al. citado por Montoro (2003) realizaron una investigación con el objetivo de validar 2 pruebas, el test de 20 metros ida y vuelta y el test de Resistencia de 6 minutos. A un grupo de NNA de entre 12 y 14 años se les aplicó una prueba de tapiz rodante y los test de campo mencionados. Luego, se compararon los resultados y se concluyó que ambas pruebas eran válidas. Finalmente Leger et al., (1988), publican las actuales fórmulas para determinar el $VO_{2m\acute{a}x}$ de manera indirecta a partir del test de 20 metros ida y vuelta para NNA y otra fórmula para mayores de 18 años (ambas fórmulas serán detalladas más adelante).

A raíz de lo descrito anteriormente, hace años el Consejo Europeo escogió el test de 20 metros ida y vuelta para ser parte de la batería de test del proyecto EUROFIT, debido a que los estudios demuestran que es la prueba más indicada para medir el $VO_{2m\acute{a}x}$ en poblaciones juveniles. Otras baterías de test actuales también lo aplican, tales como, Fitnessgram en Estados Unidos y FITescuela en Portugal. A nivel nacional también se han hecho esfuerzos por estudiar los test indirectos más prácticos y confiables para medir el $VO_{2m\acute{a}x}$ en las clases de Educación Física llegando a conclusiones bastante relevantes como Montecinos et al. (2005) quienes publicaron una batería de test confeccionada por un conjunto de especialistas que se reunieron durante 10 años, aproximadamente, en congresos, seminarios y jornadas estructurando una batería de pruebas definitiva que de acuerdo a comparaciones con test directos de esfuerzo en correas sin fin y apoyo de revisiones de otros autores consideraron que la carrera de 20 metros ida y vuelta es la más adecuada para medir la capacidad aeróbica en NNA, considerando que tiene una gran objetividad y fiabilidad. Según García et al. (1996) en Martínez (2010), el test de 20 metros ida y vuelta tiene una validez de 0,84 para obtener equivalencia de $VO_{2m\acute{a}x}$. Por tal motivo el estudio nacional de Educación Física tiene incorporada esta prueba en lo que respecta a la medición de la potencia aeróbica máxima o fitness cardiorrespiratorio (Agencia de la Calidad de la Educación, 2015). El test de 20 metros ida y vuelta es utilizado en Estados Unidos, Canadá, Portugal y Brasil, y como se indicó, está incluido en las

principales baterías de test físicos utilizados a nivel mundial, esto se debe a que hay evidencia suficiente con respecto a la confiabilidad y validez de este test en lo que respecta a la medición del $VO_{2m\acute{a}x}$ en poblaciones infanto-juveniles (Ruiz et al., 2011). A continuación, están las principales indicaciones del Test de 20 metros ida y vuelta:

Objetivo: Estimar el $VO_{2m\acute{a}x}$.

Administración: Los y las ejecutantes deben recorrer el mayor tiempo posible una distancia de 20 metros de ida y de vuelta siguiendo la velocidad impuesta por una señal sonora, la cual aumenta progresivamente a cada minuto. Dicha señal, le indica a quienes participan del test que deben aumentar la velocidad para así poder llegar a la línea de 20 metros una y otra vez. Cuando el o la ejecutante no alcance a mantener la velocidad requerida debe abandonar la prueba o en su defecto cuando él lo estime conveniente.

Requerimientos: Espacio en el que se puedan trazar dos líneas a 20 metros de distancia, superficie plana y no resbaladiza, banda magnética con señal sonora y planilla de registro. En la planilla de registro se anota el número de períodos que alcanzó el sujeto, si el o la estudiante no logra el período siguiente se debe registrar el período anterior. Una vez obtenido el período se relaciona con la velocidad alcanzada por el ejecutante y se aplica la siguiente fórmula validada para menores de 18 años (mientras mayor sea el valor obtenido con la fórmula del test mayor es la capacidad del organismo para producir energía mediante el metabolismo aeróbico).

- Fórmula: 6 – 18 años
 $VO_{2m\acute{a}x} \text{ (ml/kg/min)} = 31,025 + (3,238 \times V) - (3,248 \times E) + (0,1536 \times V \times E)$
- Fórmula: mayores de 18 años
 $VO_{2m\acute{a}x} \text{ (ml/kg/min)} = -27,4 + 6,0 \times V$
V: Velocidad.
E: Edad.
Observaciones: utilizar ropa cómoda.

PERIODO (Min)	VELOCIDAD (Km/h)
1	8,5
2	9
3	9,5
4	10
5	10,5
6	11
7	11,5
8	12
9	12,5
10	13
11	13,5
12	14
13	14,5
14	15
15	15,5

Figura 20. Equivalencia de los períodos de la prueba de 20 metros ida y vuelta con la velocidad alcanzada.

Test de la Milla: El test de la Milla es una prueba ampliamente conocida y usada para valorar el fitness cardiorrespiratorio en NNA. La información que entregan los datos acerca de la relación del resultado del test de la Milla con los rangos de edad es insuficiente respecto de otras pruebas que tienen más establecidos los niveles de fitness cardiorrespiratorio de acuerdo con la edad. Sin embargo, el resultado de esta prueba puede ser usado para ver la evolución individualizada y comparar con test de laboratorio (Cureto et al., 1995). Esta es una prueba sencilla diseñada particularmente para aquellas personas que no pueden correr debido a un pobre fitness cardiorrespiratorio. Esta prueba, de acuerdo a la revisión sistemática realizada por Castro-Piñero et al. (2010) cuenta con evidencia científica moderada y está en segundo lugar dentro de las pruebas con mayor validez científica para ser utilizada con NNA. El test de la Milla es utilizado por Fitnessgram del Instituto Cooper, una de las baterías de test de condición física referente a nivel mundial, además de utilizarse en Nueva Zelanda y Australia. La prueba de la Milla solo requiere que el o la participante camine la distancia de una milla lo más rápido posible. La FC de los y las participantes debe, como mínimo, subir a 120 lat/min al finalizar la prueba. Se habrá de estimar el fitness cardiorrespiratorio sobre la base de las variables edad, género, tiempo transcurrido durante la milla y la frecuencia cardíaca alcanzada al finalizar la prueba. Para estos propósitos, se ha desarrollado una ecuación de regresión, de manera que se pueda estimar la tolerancia aeróbica o consumo de oxígeno máximo. A continuación, indicaciones del test de la Milla:

Objetivo: Estimar el $VO_{2\text{máx}}$ en sujetos de baja condición física.

Administración: Consiste en recorrer caminando según el ritmo personal, la distancia de una milla (1609 metros) controlando la FC al terminar el recorrido, así como el tiempo empleado. La determinación del $VO_{2\text{máx}}$ se realiza a partir de la siguiente ecuación:

- $VO_{2\text{máx}} \text{ ml/kg/min} = 132,6 - (0,17 \times \text{PC}) - (0,39 \times \text{Edad}) + (6,31 \times \text{S}) - (3,27 \times \text{T}) - (0,156 \times \text{FC})$

PC: Peso corporal.

S: Sexo (0: mujeres, 1: hombres).

T: Tiempo en minutos.

FC: Frecuencia cardíaca.

Requerimientos: Cronómetro. Pista de atletismo o terreno llano sin muchas curvas perfectamente delimitado.

Observaciones: Test para personas con baja capacidad física, utilizar ropa cómoda.

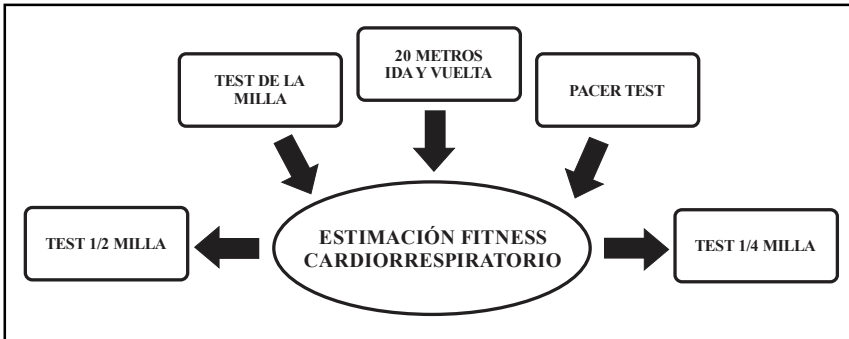


Figura 21. Principales test indirectos para estimar el fitness cardiorrespiratorio en NNA.

Capítulo 8.

PRINCIPIOS Y PLANIFICACIÓN EN EDAD INFANTIL

El ejercicio físico en NNA siempre ha sido un tema controversial, debido a las diferentes formas de abordar los tipos de métodos, ejercicios y estímulos que responden al entrenamiento de esta población en particular. Por tanto, es necesario adaptar actividades para el normal desarrollo físico y comportamental de NNA (Ratel et al., 2004). Lo anterior es relevante ya que por mucho tiempo se pensó que entrenar a niños o niñas era lo mismo que entrenar a una población adulta. Sin embargo, Pancorbo et al. (1990) en Latorre & Herrador (2003) señalan claramente que niños o niñas no son hombres o mujeres adultos en miniatura, sino que es un ser en evolución, por lo tanto, hay que acomodar las actividades a la edad biológica de las personas para un correcto desarrollo de sus capacidades. De acuerdo con lo anterior, es que la evidencia científica desde hace bastantes años es muy clara en establecer diferencias con respecto a las intensidades, volúmenes, progresión, cargas, programas y métodos posibles de utilizar para desarrollar los componentes de la condición física, sin aplicar entrenamientos inadecuados (Lemura et al., 1999). Para realizar ejercicio físico se requieren de condiciones especiales sobre todo en una población infanto-juvenil, ya que esta se encuentra en una etapa de múltiples cambios fisiológicos que interfieren en el rendimiento físico (Llop, 2006). Todos aquellos que realicen ejercicio físico de manera continua requieren de una planificación, la cual no es otra cosa que *«la anticipación de lo que sucederá en el futuro dentro de la compleja estructura del ser humano»* (González, 2007), y qué más complejo que la estructura de un preadolescente en desarrollo, por lo tanto, la planificación de entrenamiento tanto infantil como juvenil debe ser específica y orientada por el principio de individualización, el cual hace referencia a respetar las características de las personas (Platonov & Bulatova, 2001); para esto, es necesaria una

adecuada elección de los métodos de entrenamiento y de los ejercicios en cuanto al tipo, tiempo, frecuencia e intensidad, con la que los prepúberes, púberes y adolescentes ejecuten un programa de ejercicio físico (Thompson & Baxter-Jones, 2002) que sea beneficioso para el desarrollo progresivo de sus capacidades físicas (Boisseau & Delamarche, 2000). En tal sentido, el ejercicio físico programado en poblaciones infantiles es un tema difícil de abordar debido a la necesidad de profesionales idóneos que sepan diferenciar los límites existentes entre lo saludable y lo riesgoso que pueden resultar algunos métodos de entrenamiento para una población tan expuesta a cambios fisiológicos, psicológicos y sociales (Latorre & Herrador, 2003). El entrenar a un grupo de personas es un proceso complejo y más aún si es en edad temprana, debido a que los procesos de desarrollo de las capacidades físicas deben ser progresiva y en función de un proceso pedagógico. A este respecto el profesor o profesora de Educación Física cuenta con el conocimiento tanto pedagógico como de entrenamiento, por tanto, es el profesional idóneo para mantener especialmente a los NNA interesados en un programa de ejercicios con métodos de enseñanza creativos e inclusivos (Barbanti, 1995).

La fase sensible o fase crítica de las capacidades físicas son determinadas por la etapa de crecimiento y maduración de las personas. Estas fases se entienden como aquel período sensible durante el cual deben aplicarse estímulos con una determinada intensidad para así desarrollar el máximo potencial de una capacidad física (Winter, 1987 citado por Navarro, 2004). En el caso del fitness cardiorrespiratorio, esta fase corresponde a la pubertad, principalmente por la importante actividad hormonal que favorece el desarrollo del sistema muscular, esquelético, respiratorio y cardiovascular. De acuerdo a Latorre & Herrador (2003) y López & López (2008), es necesario resolver incógnitas con respecto a la efectividad de diferentes programas de entrenamiento y su aplicación en NNA, ya que aún no es posible determinar programas de entrenamiento aeróbico específicos para poblaciones infanto-juveniles, debido a que actualmente es un tema controvertido el efecto que pueden producir los programas de ejercicio físico en edades tempranas, así como también, el nivel de entrenamiento que pueden alcanzar los y las deportistas jóvenes, por lo que es importante la aplicación de programas de ejercicio aeróbico durante la maduración biológica y conocer sus efectos en el rendimiento cardiorrespiratorio.

La planificación del entrenamiento es una tarea que requiere de una amplia gama de conocimientos y leyes generales que determinan al ejercicio físico. Asimismo, este proceso requiere de imaginación, sensibilidad y disciplina, ya que, planificar o programar no es otra cosa que anticipar lo que sucederá dentro de la compleja estructura del ser humano (González, 2007). Todo plan de entrenamiento cubre un lapsus de tiempo, tiene un objetivo y bosqueja las tareas que deben cumplirse para lograr lo planteado, ya sea en un entrenamiento orientado a la salud o para la obtención de resultados tanto en poblaciones infanto-juvenil, adulta o deportistas. Como se dijo anteriormente, en cuanto a la planificación de ejercicio físico en NNA, hay principios que se deben respetar y que, además, permiten una adecuada organización y estructura de la actividad física. De acuerdo con Blázquez (2010) los principios son:

Principio de adaptación a los niveles evolutivos: Es una precisión de la individualización de los estímulos. El proceso de crecimiento y desarrollo está definido principalmente por determinantes genéticas y ambientales, los cuales se pueden expresar de manera cualitativa y cuantitativa, implicando en los niños y niñas modificaciones biomecánicas, fisiológicas, psicológicas y socioculturales. Se deben respetar los períodos de evolución natural de acuerdo al desarrollo de sus capacidades.

Los propósitos por alcanzar, las actividades a realizar, y los métodos a implementar en la planificación deben estar en línea con el estado madurativo actual de cada uno de los niños o niñas y, además, deben responder a sus intereses y posibilidades reales de llevarla a cabo.

Principio de preparación para el rendimiento futuro: La optimización del rendimiento es un proceso de formación largo el cual debe respetar los tiempos individuales y, por tanto, no existe necesidad de obtener resultados a corto plazo. Por lo cual, los primeros años se deben invertir en aumentar el volumen de trabajo, creando las bases que sustentarán los rendimientos futuros. Dicho lo anterior, la propuesta de entrenamiento en edad temprana debe abarcar experiencias múltiples en el ámbito condicional, coordinativo y técnico.

Principio de unidad funcional: La elección de los métodos de entrenamiento deben ser escogidos en base a la evidencia científica respecto de esta población. Puesto que se entiende que el organismo trabaja como un todo indisoluble y que está en constante cambio en estas edades

y, por tanto, se debe prestar especial atención a la evolución de las propiedades morfo-funcionales de los distintos sistemas corporales (endocrino, cardiovascular, respiratorio, locomotor). Partiendo de la premisa de que el desarrollo de las capacidades debe realizarse de forma simultánea, con predominio de una sobre otra y de acuerdo con el grado de madurez.

Principio de multilateralidad y polivalencia de la preparación: La preparación debe ser abarcando una gran cantidad de movimientos y con el objetivo de incrementar el dominio de conductas motrices, lo cual mejorará la ejecución de gestos motores en el futuro. En consecuencia, esta condición permitirá asimilar métodos de entrenamiento más complicados partiendo del precepto de que los aprendizajes nuevos se originan sobre la base de otros ya adquiridos.

Principios que rigen el entrenamiento infantil: El entrenamiento infantil se basa en reglas, normas y metodologías basadas en hallazgos científicos. La planificación, bajo principios, refieren la aplicación consciente y compleja de las leyes del proceso formativo y educativo, aspectos primordiales que se deben respetar, ya que son de gran ayuda al momento de organizar y ejecutar la actividad física con NNA y la planificación sea exitosa.

De acuerdo con lo anterior, López & Fernández (2008) señalan algunas directrices que permiten enfocar de mejor forma la planificación de entrenamiento a nivel infantil, la cuales serán mostradas en la Figura 22.

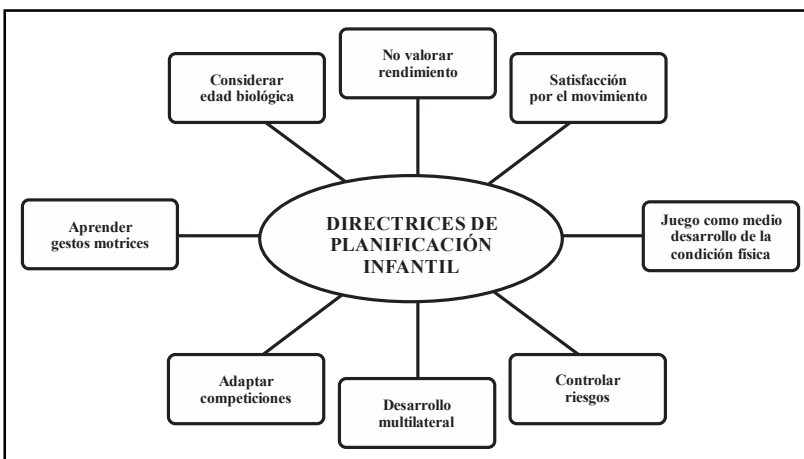


Figura 22. Directrices generales de Planificación Infantil.

Entrenabilidad en la pubertad: Es difícil evaluar el efecto de una planificación o un programa de actividad física respecto de las adaptaciones que se producen en los niños y niñas, especialmente, si esto se produce durante la pubertad. Como resultado de la aplicación de estímulos con el propósito de mejorar las capacidades físicas es sabido que en las personas adultas se modifican parámetros tanto en reposo como en ejercicio. Asimismo, en los y las adolescentes también se modifican diferentes factores como resultado del crecimiento y el desarrollo, particularmente, en la pubertad, y que en muchas ocasiones son homólogos a las adaptaciones que produce el entrenamiento, especialmente, en lo que respecta al fitness cardiorrespiratorio y a la fuerza muscular. La razón de esto, es el aumento de la actividad hormonal, especialmente de la testosterona, lo cual coincide con la pubertad y con la fase sensible del fitness cardiorrespiratorio entendiéndose, de acuerdo a Oca (2007), que la fase sensible corresponde a momentos madurativos durante el desarrollo de NNA, particularmente favorables para la adquisición de modelos específicos de comportamiento vinculados con el ambiente y en los que se evidencia una elevada sensibilidad del organismo hacia determinadas experiencias. El aumento de hormonas como la testosterona y la GH durante la pubertad implica el aumento de la captación de aminoácidos, síntesis de proteínas, lipólisis, eritropoyesis, depósitos de fosfocreatina, entre otras. Los cambios hormonales mejoran el fitness cardiorrespiratorio, ya que, permiten modificaciones en la composición corporal y en los procesos cardiorrespiratorios (Reyes-Amigo, 2015). En este sentido, es fundamental indicar los principales cambios que permite el incremento del fitness cardiorrespiratorio en la etapa puberal:

- Aumento de la masa magra.
- Incremento del desarrollo enzimático.
- Eficiencia cardiovascular (eritrocitos).
- Eficiencia ventilatoria (músculos respiratorios).
- Mejora de la carrera (automatización y precisión de movimientos).

REFERENCIAS

Achten, J. & Jeukendrup, AE. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.*; 33(7):517-38

Agencia Nacional de Educación. (2015). Informe de resultados estudio nacional de educación física. Ministerio de Educación.

Altamirano-Bustamante, N. F., Altamirano-Bustamante, M. M., Valderrama-Hernández, A., & Montesinos-Correa, H. (2014). La evaluación del crecimiento. *Acta Pediatrica de Mexico*, 35(3), 238–248.

Ara, I.; Rodríguez, G.; Moreno, L.; Gutin, B. & Casajus, J. (2009). ‘L Obesitat infantil es pot reduir millor amb activitat física vigorosa que no pas amb restricció calòrica. *Apunt Med Esport*. 163: 112-118

Aranguiz, A. (2005). The Sedentarism is not only caused by the technological development. *Revista Gestao Industrial*. Vol. 1 N° 1 56-65

Arquer, A.; Elosua, R. & Marrugat, J. (2009). Physical Activity and lipid oxidation. *Apunts Medicina de l’Esport*. 45 (165): 31 – 40

Arena, R., Myers, J., Williams, M. A., Gulati, M., Kligfield, P., Balady, G. J., ... Fletcher, G. (2007). Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the American Heart Association committee on exercise, rehabilitation, and prevention of the council on clinical cardiology and the council on cardiovascular n. *Circulation*, 116(3), 329–343.

<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.184461>

Armstrong, N., Tomkinson, G. R., & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *Br J Sports Med*, 45, 849–858.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090200>

Aznar, S. & Webster, T. (2006). Actividad Física y Salud en la Infancia y la Adolescencia. España. Ministerio de Educación y Cultura. Centro de Investigación y Documentación Educativa.

Bahamonde, C. & Cancino, J. (1997). Bases Biológicas de la Actividad Física. Digerder

Baker, J. S., McCormick, M. C., & Robergs, R. A. (2010). Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2010.

<https://doi.org/10.1155/2010/905612>

Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C., & van Praagh, E. (2002). Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 439–444. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33742>

Baquet, G., Berthoin, S., Gerbeaux, M., & Praagh, E. (2001). High-intensity aerobic training during a 10 week one hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 295–300. <https://doi.org/10.1055/s-2001-14343>

Baquet, G., Gamelin, F., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1381–1388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1575a>

Barbany, J. (2010). Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. 2º edición. España: Editorial Paidotribo.

Barbanti, V. (1995). Entrenamiento Físico: Bases Científicas. Revista Ciencia de la Actividad Física, 3 (5), 17-38.

Baxter-Jones, A. & Maffulli, N. (2003). Endurance in Young athletes: it can be trained. *Journal Sport Medicine*. (37), 96-97.

Bazzarre, T. (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circulation*, 102, 1591–1597

Berthoin, S., Gerbeaux, M., Turpin, E., Guerrin, F., Lensele Corbeil, G., & Vandendorpe, F. (1994). Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *Journal of Sports Sciences*, 12(4), 355–362. <https://doi.org/10.1080/02640419408732181>

Berthoin, S., Baquet, G., Dupont, G., Blondel, N., & Mucci, P. (2003). Critical velocity and anaerobic distance capacity in prepubertal children. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée*, 28, 561–575. <https://doi.org/10.1139/h03-043>

Blázquez, D. (2010). La iniciación deportiva y el deporte escolar. Barcelona: Editorial INDE

Biddle, S. J. H., & Batterham, A. M. (2015). High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0254-9>

Billat, V. (2002). Physiologie et Methodologie de L' entraînement. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Bompa, T. (2005). Entrenamiento para deportistas jóvenes. Barcelona. Editorial Hispano Europea.

Boisseau, N. & Delamarche, P. (2000). Metabolic and Hormonal Responses to Exercises in Children and Adolescent. *Journal Sports Medicine*. 30 (6) 405 – 422

Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377-81. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.

Bowden Davies KA, Pickles S, Sprung VS, Kemp GJ, Alam U, Moore DR, Tahrani AA, Cuthbertson DJ. (2019) Reduced physical activity in young and older adults: metabolic and musculoskeletal implications. *Ther Adv Endocrinol Metab*. Vol. 10: 1–15. doi: 10.1177/2042018819888824.

Bowers, R. & Fox, E. (1995). Fisiología del deporte. (3 ed.) Argentina: Edit. Panamericana

Brooks, (2018). The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metab*. 3;27(4):757-785. doi: 10.1016/j.cmet.2018.03.008.

Carreiro Da Costa, F. (2017). Carreiro, 2017 ¿Qué es una Enseñanza de Calidad en Educación Física? *Gymnasium*, 2(2), 1–12.

Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., Maximova, K., Ball, G. D. C., Majumdar, S. R., ... Boule, N. G. (2014). Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *International Journal of Obesity*, 38, 16–21.

<https://doi.org/10.1038/ijo.2013.135>

Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ruiz, J. R., Jiménez-Pavón, D., Aparicio, V. A., ... Ortega, F. B. (2010). Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth. *Br J Sports Med*, 52(3), 263–272. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058321>

Cureto, K.; Sloniger, M.; O ^Bannon, J.; Black, D.; McCormack, W. (1995). A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run / walk performance. *American College of Sport Medicine*.

Delgado, M. (1994). Fundamentación Anatómico Funcional del Rendimiento y del Entrenamiento de la Resistencia del Niño y del Adolescente. *Revista Motricidad*. 1, 95-108.

Diamond, A. (2015). Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Ann Sports Med Res.*, 2(1), 1–6.

Dietrich, M.; Nicolaus, J.; Ostrowski, C. & Rost K. (2004). Metodología General del entrenamiento infantil y juvenil. España: Edit. Paidotribo.

Eddolls, W., McNarry, M., Stratton, G., Winn, C., Mackintosh, K. (2017). High-intensity interval training interventions in children and adolescents: A systematic review. *Sports Medicine*, 47, 2363–2374.

<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0753-8>

Eston, R. G., Lamb, K. L., Bain, A., Williams, A. M., & Williams, J. G. (1994). Validity of a perceived exertion scale for children: a pilot study. *Perceptual and Motor Skills*, 78(2), 691–697.

<https://doi.org/10.2466/pms.1994.78.2.691>

Fleg, J.; Piña, I; Gary, Balady, G.; Chaitman, B.; Fletcher, B.; Lavie, C.; Limacher, M.; Stein, R.; Williams, M.; Fleg, J. L., & Lakatta, E. G. (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max. *Journal of Applied Physiology*, 65(3), 1147–1151.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.3.1147>

Flynn, J. T., D. C. Kaelber, C. M. Baker-Smith, D. Blowey, A. E. Carroll, S. R. Daniels, S. D. de Ferranti, J. M. Dionne, B. Falkner, S. K. Flinn, S. S. Gidding, C. Goodwin, M. G. Leu, M. E. Powers, C. Rea, J. Samuels, M. Simasek, V. V. Thaker, E. M. Urbina, S. Subcommittee On and C. Management Of High Blood Pressure In (2017). «Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents.» *Pediatrics* 140(3).

García-Hermoso, A., Cerrillo-Urbina, A. J., Herrera-Valenzuela, T., Cristi-Montero, C., Saavedra, J. M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 17(6), 531–540. <https://doi.org/10.1111/obr.12395>

George, J.; Vehrs, R. & Garth, A. (2005). *Laboratory experiences in exercise science*. España: Edit. Paidotribo.

Gibala, M., Little, J., MacDonald, M., & Hawley, J. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>

González, A. (2007). *Bases y principios del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Edit: Estadio.

Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health*, 4(1):23-35. doi: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2.

Guyton, A. & Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología Médica*. 11^o edición. Madrid. Editorial Elsevier

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., ... Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*, 134(4), e1063–e1071. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219>

Herzig S, Shaw RJ. (2018). AMPK: guardian of metabolism and mitochondrial homeostasis. *Nat Rev Mol Cell Biol.* (2):121-135. doi: 10.1038/nrm.2017.95.

Jankowski, M., Niedzielska, A., Brzezinski, M., & Drabik, J. (2015). Cardiorespiratory fitness in children: A simple screening test for population studies. *Pediatric Cardiology*, 36(1), 27–32. <https://doi.org/10.1007/s00246-014-0960-0>

Lamb, K. & Roger, E. (1997). Effort Perception in Children. *Sports Medicine*, 23(3), 139–148.

Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R., & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology*, 53(9), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/psyp.12688>

Lang, J. J., Tremblay, M. S., Léger, L., Olds, T., & Tomkinson, G. R. (2016). International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *British Journal of Sports Medicine*, 0(1), 1–12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096224>

Lau, P. W. C., Wong, D. P., Ngo, J. K., Liang, Y., Kim, C. G., & Kim, H. S. (2014). Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *European Journal of Sport Science*, 1391, 1–9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.933880>

Leger, L., Mercier, D., Godoury, C. & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(1), 93–101

Lemura, L.; von Dullivard, S.; & Carlonas, R. (1999). Can exercise training improve maximal aerobic power (VO2MAX) in children: a meta-analysis review. *Journal of Exercise Physiology*, 2 (3).

López, A. (1997). Repercusiones Renales del Ejercicio Físico Intenso, estudio Bioquímico - Antropométrico en Nadadores Adolescentes. Málaga, 13 - 47 p. Tesis (Doctoral). Universidad de Málaga.

López, J.; Campos, D. & Cancino, J. (2013). Fisiología del entrenamiento aeróbico: Una visión integrada. Buenos Aires. Edit. Medica Panamericana

Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2015). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9- to 11-year olds. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(3), 238–244. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0309>

Makinen, T., Borodulin, K., Tammelin, T., Rahkonen, O., Laatikainen, T. & Prattala, R. (2010). The effects of adolescence sports and exercise on adulthood leisure-time physical activity in educational groups. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7 (27).

Mansilla, A. (2000). Etapas del desarrollo humano. *Investigación En Psicología*, 3(2), 106–116.

http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/2035/1/revista_de_investigacion_en_psicologia08v3n2_2000.pdf

Mcguire, S. (2012). Institute of medicine (IOM) early childhood obesity prevention policies . Washington, DC: The National Academies Press; 2011. *American Society for Nutrition*, 3, 56–57. <https://doi.org/10.3945/an.111.001347>

McKenzie, T. L., Nader, P. R., Strikmiller, P. K., Yang, M., Stone, E. J., Perry, C. L., ... Kelder, S. H. (1996). School Physical Education: Effect of the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health. *Preventive Medicine*, 25(4), 423–431.

<https://doi.org/10.1006/pmed.1996.0074>

Ministerio de Salud (2018). Patrones de crecimiento para la evaluación nutricional de niños, niñas y adolescentes desde el nacimiento hasta los 19 años de edad. Biblioteca MINSAL.

Márquez, S.; Rodríguez, J. & De Abajo, S. (2006). Sedentarismo y Salud: Efectos beneficiosos de la actividad física, *Apuntes Educación Física y Deportes*, 1, 12 - 24.

Martínez, E. (2010). Pruebas de Aptitud Física. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Meinel, K. & Schnabel, G. (2004). Teoría de Movimiento. Argentina: Editorial Stadium.

Metcalf, B., Henley, W., & Wilkin, T. (2012). Effectiveness of intervention on physical activity of children: systematic review and meta-analysis of controlled trials with objectively measured outcomes (EarlyBird 54). *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 345(April 2016), e5888. <https://doi.org/10.1136/bmj.e5888>

Montecinos, R.; Gatica, P.; Trujillo, H.; Vargas, R; Herrera, M. & Jirón, O. (2005). Test para evaluar la condición física en escolares chilenos. *Archivos Sociedad Chilena Medicina del Deporte*, 50 (1).

Montoro, J. (2003). Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course Navette para determinar de manera indirecta el VO_{2max} . *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3 (11), 173 - 181.

Moreno, M. J., & Martínez, J. A. (2002). El tejido adiposo: Órgano de almacenamiento y órgano secretor. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 25(SUPPL. 1), 29–39.

Mota, J., Guerra, S., Leandro, C., Pinto, A., Ribeiro, J. C., & Duarte, J. A. (2002). Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *American Journal of Human Biology*, 14(6), 707–712.
<https://doi.org/10.1002/ajhb.10086>

National Strength and Conditioning Association (2012). *Developing Endurance*. United States of America: Editorial Human Kinetics

Navarro, F. (1998). *La resistencia*. España: Editorial Gymnos

Navarro, F. (2004). Entrenamiento Adaptado a los Jóvenes. *Revista de Educación*, (335), 61 - 80.

Nelson, D. & Cox. M. (2006). *Leningher Principios de Bioquímica*. (4 ed.) Barcelona: Editorial Omega.

Latorre, P. & Herrador, H. (2003). Prescripción del ejercicio físico para la salud en la edad escolar, Aspectos metodológicos preventivos e higiénicos. Barcelona: Editorial Paidotribo.

López, J. & Fernández, A. (2008). *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Editorial Panamericana.

Llop, M. (2006). *Dinámica del Proceso de Crecimiento y Desarrollo Puberal a Edades de Inicio Puberal Normales Tempranas en Niñas y Tardía en Niños*. España 24-30 p. Tesis (Doctoral). Universidad Rovira I Virgili.

Obert, P.; Mandigouts, S.; Nottin, S.; Vinet, A.; Guyen, L. & Lecoq, M. (2003). Cardiovascular response to endurance training in children: effect of gender. *European Journal of Clinical Investigation*. 33, 199 – 208.

Oca, A. (2007). Planificación del Entrenamiento en las fases Sensibles del Desarrollo. *NSW Entrenamiento*, 14(3), 25–30

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age*. ISBN 978-92-4-155053-6

Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>

Platonov, V. & Bulatova, M. (2001). *La preparación física*. España: Editorial Paidotribo.

Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of Sport*, 33(2), 145–152.

<https://doi.org/10.5604/20831862.119863>

Ratel, S., Lazaar, N., Dore, E., Baquet, G., Williams, C., Bertohin, S., Van Praagh, E., Bedu, M., Duche, P. (2004). High-intensity intermittent activities at school: Controversies and facts. *J Sports Med Physi Fitness*, 44, 272–280

Reyes-Amigo, T. & Palmeira, A. (2019). Ejercicio física de alta intensidad en niños: Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal. Lisboa. p 22-30 Tesis (Doctoral). Universidad Lusófona.

<https://recil.grupolusofona.pt/bitstream/10437/9551/1/Thesis%20Doctorado%20Tomás%20Reyes%20Pos-presentación%20corrección%2029%20abril%202019.pdf>

Reyes-Amigo, T. (2015). Efecto de un programa de actividad física sobre el rendimiento aeróbico en jóvenes. *Revista Ciencias de La Actividad Física*, 16(1), 53–61

Reyes-Amigo, T., Gómez, M., Gallardo, M., & Palmeira, A. (2017). Effectiveness of high-intensity interval training on cardiorrespiratory fitness and body composition in preadolescent: A systematic review. *European Journal of Human Movement*, 39, 32–47

Reyes-Amigo, T., Molina, J. S. A. A., Mera, G. M., De, J., Lima, S., Mora, J. I., & Soto-sánchez, J. (2021). Contribution of high and moderate-intensity physical education classes to the daily physical activity level in children. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(January), 29–35. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.01004>

Riddell, M. (2008). The endocrine response and substrate utilization during exercise in children and adolescents. *Journal of Applied Physiology*, 105, 725 – 733.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dubé, J. J., Rutkowski, J. J., Snee, B. M., ... Metz, K. F. (2005). Validation of the children's OMNI RPE scale for stepping exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(2), 290–298.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000149888.39928.9F>

Robergs, R. (2001). Exercise Induced Metabolic Acidosis Where do the Protons come from?. *Sportscience*, 5 (2), 13 – 33.

Robergs, R. & Landwehr, R. (2002). The surprising History of the «HR max = 220-age» equation. *Exercises Physiology Laboratories*, 5 (2), 2 – 7.

Ruiz, J. ., España, V., Castro, J., Artero, E. ., Ortega, F. ., García, M., ... Castillo, M. . (2011). Batería ALPHA-Fitness/ : test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 26(6), 1210–1215.

<https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5270>

Sánchez, J.; Navarro, D. & Hernández, A. (2006). Acción fisiopatológica integrada de las hormonas sobre el tejido óseo. *Revista Cubana de Endocrinología*, 17 (2).

Seabra, A., Katzmarzyk, P., Carvalho, M. J., Seabra, A., Coelho-E-Silva, M., Abreu, S., ... Malina, R. M. (2016). Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *Journal of Sports Sciences*, 34(19), 1822–1829. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1140219>

Serra, L.; Román, B. & Aranceta, J. (2006). *Actividad Física y Salud*. Barcelona: Editorial Elsevier.

Shulruf, B., Shachaf, M., & Shoval, E. (2020). Daily activity Borg scale (DABS): using the Borg ' s RPE scale for assessing the level of daily physical activity. *Journal Physical Education and Sport*, 20(6), 3368–3376.

<https://doi.org/10.7752/jpes.2020.06456>

Silverthorn, D. (2019). *Fisiología Humana: Un enfoque integrado*. 8° edición. Buenos Aires. Editorial Medica Panamericana

Sola, J. & Rodríguez, J. (2010). Uso de la Frecuencia Cardíaca como indicador de la intensidad en las clases de Educación Física. *Revista digital, lecturas de Educación Física y Deportes* (148). [en línea]. Disponible: www.efdeportes.com

Soto-Sánchez J, Araniz P. (2018). Condición Física como factor protector de enfermedad Cardiovascular y Metabólica. *Obesidad en Chile ¿Que podemos hacer?* (2da ed., pp. 470). Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Stratton, G., Canoy, D., Boddy, L. M., Taylor, S. R., Hackett, A. F., & Buchan, I. E. (2007). Cardiorespiratory fitness and body mass index of 9-11-year-old English children: A serial cross-sectional study from 1998 to 2004. *International Journal of Obesity*, 31(7), 1172–1178.

<https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803562>

Tanner, J. M., & Whitehouse, R. H. (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*, 51(3), 170-179.

Temboury, M. (2009). Pubertad Normal. Pubertad Precoz. *Revista Pediátrica de Atención Primaria*, 11 (16), 127 - 142.

Tenforde & Fredericson (2011) Influence of Sports Participation on Bone Health in the Young Athlete: A Review of the Literature. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 3, 861-867.

<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>

Thompson, A. & Baxter-Jones, A. (2002). Endurance Training in Young Female Athletes. *Journal Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10 (1), 33 – 41.

Torres, A. (2002). Crecimiento y desarrollo. *Revista Mexicana de Medicina Y Rehabilitacion*, 14, 54–57

Wilmore, J. & Costill, D. (2007). Fisiología del esfuerzo y del deporte. (6 ed.) Barcelona: Edit. Paidotribo.

Williams, C., Benden, C., Stevens, D. & Radtke, T. (2010). Exercise Training in Children and Adolescents with Cystic Fibrosis: Theory into Practice. *International Journal of Pediatrics*.

Verkhoshansky, Y. (2002). Teoría y Metodología del entrenamiento deportivo. España: Editorial Paidotribo.

Williams, J.; Eston, R. & Furlong, B. (1994). CERT: A Perceived Exertion Scale for Young Children. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 1451–1458

Zafeiridis, A.; Sarivasiliou, H.; Dipla, K. & Vrabas, I. (2010). The effects of heavy continuous versus long and short intermittent aerobic exercise protocols on oxygen consumption, heart rate, and lactat responses in adolescents. *European Journal of Applied Physiology*, 110 (1), 17 – 26.

Zintl, F. (1991). Entrenamiento de la Resistencia: fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento. Barcelona: Editorial Martínez Roca.



TOMÁS REYES AMIGO

Profesor de Educación Física y Magíster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Playa Ancha, Chile. Doctor en Educación Física y Deporte de la Universidad Lusófona, Portugal. Actualmente es académico de la Facultad de Ciencias de la Actividad y del Deporte de la Universidad de Playa Ancha, en el Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Además participa como académico

invitado en el Magister en Actividad Física para la Salud de la Escuela de Educación Física de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. En la actualidad investiga la aplicación de diversas intervenciones en la clase de Educación Física, examinando sus efectos en la condición física y en aspectos cognitivos.

Autor de diversos artículos científicos, entre los cuales destacan: Contribution of high and moderate-intensity physical education classes to the daily physical activity level in children, *Journal of Physical Education and Sports*, (2021). Moderators of the effect of high-intensity and moderate-intensity games in school children on cardiorespiratory fitness and body composition, *Journal Motricidade*, (2020). Effectiveness of high-intensity interval training in preadolescent: Systematic review. *European Journal of Human Movement*, (2017).



JOHANA SOTO SÁNCHEZ

Profesora de Educación Física de la Universidad de Playa Ancha, Magíster en Entrenamiento Deportivo de la Universidad Mayor y Doctora en Nutrición y Alimentos de la Universidad de Chile. Académica de la Facultad de Ciencias de la Actividad y del Deporte, en el Departamento Académico de Ciencias de la Actividad Física de la Universidad de Playa Ancha, donde dicta las

asignaturas de Fisiología del ejercicio y de Fisiología y metabolismo Humano a la carrera de Pedagogía en Educación Física. Además, es coordinadora del Curso de Actividad Física y salud del Magíster de Nutrición del INTA de la Universidad de Chile. Es directora del Diplomado de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Mayor y participa como docente del Magíster en Actividad Física para la Salud de la Escuela de Educación Física de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Actualmente sus investigaciones están centradas en población preescolar y escolar en cuanto a sus respuestas y adaptaciones al ejercicio físico y sobre el efecto del fitness en la salud en población infantil.

Autora de diversos artículos científicos y capítulos de libros. También participa difundiendo los hallazgos científicos en actividad física y fisiología del ejercicio hacia la comunidad como panelista en el programa radial "En Familia" de HaciendoRadio.cl

FITNESS CARDIORRESPIRATORIO EN LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, UPLA

