

FUNDAMENTACION ANATOMICO FUNCIONAL DEL RENDIMIENTO Y DEL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL NIÑO Y DEL ADOLESCENTE

Delgado, M.

Departamento de Educación Física y Deportiva
Universidad de Granada

RESUMEN

El incremento continuo de las máximas performances en el deporte profesional, en muchos casos en edades cada vez más tempranas, está ocasionando un incremento de los trabajos de investigación sobre el entrenamiento con niños. Se está analizando hasta que nivel un niño puede ser sometido a cargas de entrenamiento, que le permitan las adaptaciones adecuadas en su organismo para conseguir mayores rendimientos. Este artículo, intenta analizar el estado actual del conocimiento, en cuanto a los fundamentos anatómicos y fisiológicos que hacen posible entrenar y conseguir un elevado rendimiento en actividades que requieran de forma fundamental la cualidad física de la resistencia, considerada ésta por un gran número de autores como la cualidad prioritaria a desarrollar en la etapa escolar. Además, teniendo en cuenta las últimas hipótesis sobre programación del entrenamiento deportivo, las bases de un rendimiento futuro, deben ser cimentadas sobre pilares fuertes que permitan con posterioridad que se produzca la adaptación especializada de la capacidad condicional del deportista. Este fenómeno solo es alcanzable aplicando un entrenamiento desde edades tempranas que se fundamente en las posibilidades orgánicas y en las necesidades psicosociales que tiene el niño y el adolescente.

PALABRAS CLAVE:

ABSTRACT

El incremento continuo de las máximas performances en el deporte profesional, en muchos casos en edades cada vez más tempranas, está ocasionando un incremento de los trabajos de investigación sobre el entrenamiento con niños. Se está analizando hasta que nivel un niño puede ser sometido a cargas de entrenamiento, que le permitan las adaptaciones adecuadas en su organismo para conseguir mayores rendimientos. Este artículo, intenta analizar el estado actual del conocimiento, en cuanto a los fundamentos anatómicos y fisiológicos que hacen posible entrenar y conseguir un elevado rendimiento en actividades que requieran de forma fundamental la cualidad física de la resistencia, considerada ésta por un gran número de autores como la cualidad prioritaria a desarrollar en la etapa escolar. Además, teniendo en cuenta las últimas hipótesis sobre programación del entrenamiento deportivo, las bases de un rendimiento futuro, deben ser cimentadas sobre pilares fuertes que permitan con posterioridad que se produzca la adaptación especializada de la capacidad condicional del deportista. Este fenómeno solo es alcanzable aplicando un entrenamiento desde edades tempranas que se fundamente en las posibilidades orgánicas y en las necesidades psicosociales que tiene el niño y el adolescente.

KEY WORDS:

El entrenamiento con niños sigue siendo un tema, en cierta medida, tabú dentro del campo de la educación física y el deporte, máxime cuando dicho entrenamiento intente conseguir un alto rendimiento a corto plazo. Igualmente, la competición en edades escolares ha recibido hasta nuestros días muchas críticas peyorativas, fundamentadas en bastantes casos, de forma no científica, en problemas psicológicos que la misma podría ocasionar en el niño (Durand, 1988; Rovers, 1991). En otro sentido, frente a estos hechos que en muchas ocasiones originan que no se lleve a cabo un entrenamiento con niños para prepararlo para un futuro rendimiento deportivo, existe una unanimidad casi absoluta en cuanto a que en las etapas infantil, prepuberal y puberal se debería desarrollar el componente orgánico responsable del metabolismo aeróbico, es decir, la denominada mayoritariamente cualidad de resistencia (Shvartz y Reibold, 1990). Ella será el tema objeto de estudio del presente trabajo.

Desde un punto de vista bastante acertado, algunas escuelas y autores dedicados al estudio de la teoría y metodología del entrenamiento, fundamentalmente de países del este, han apostado en los últimos años por un enfoque diferente en el entrenamiento con niños y jóvenes, basándose en la teoría cibernética de la acción y de los sistemas funcionales (Platonov, 1988; Tschiene, 1990; Verjosansky, 1990). Según esta teoría, sí el entrenamiento fisicodeportivo tiene como objetivo inmediato y a largo plazo conseguir una adaptación orgánica especializada para un tipo de actividad deportiva concreta, la única manera de alcanzar dicha meta es sometiendo al organismo, en cada momento evolutivo, a cargas de entrenamiento que se adecuen al nivel de posibilidades orgánicas, pero que además permitan que dichas capacidades puedan seguir mejorando (Tschiene, 1990). Por ello y atendiendo al objeto de estudio de la presente revisión, es necesario analizar como afectan y evolucionan cada uno de los factores y parámetros que condicionan la resistencia, con la finalidad de poder establecer, a partir de dicho análisis, las implicaciones prácticas para el entrenamiento con niños y jóvenes.

Para este análisis, se pueden diferenciar varios grupos de aspectos anatómico-fisiológicos que condicionan el rendimiento de actividades fisicodeportivas donde predomina la cualidad de resistencia y, por tanto, se convierten en elementos de entrenamiento. Estos son:

- Funcionamiento y regulación metabólica y endocrina.
- Respuestas y adaptaciones cardiovasculares y respiratorias:
 - hemodinámica orgánica.

- Funcionamiento neuromuscular y aparato locomotor pasivo.
- Termoregulación.

FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN METABÓLICA Y ENDOCRINA

Teniendo en cuenta que la clasificación más aplicada al entrenamiento deportivo de la cualidad física resistencia, es la que diferencia varios tipos de la misma considerando las vías metabólicas predominantes puestas en funcionamiento, los factores y parámetros metabólicos y hormonales van a jugar un papel fundamental en el rendimiento de actividades físicas que requieran de dicha cualidad (Zintl, 1991).

Ha sido suficientemente corroborado que el ser humano desde su nacimiento hasta que finaliza la maduración, hacia la segunda década de vida, posee un **metabolismo basal** de 20 o 30 veces superior al del adulto (en términos relativos, es decir, teniendo en cuenta el peso corporal) (Demeter, 1971 citado en Weineck, 1988). Este hecho nos indica, que el niño y el adolescente, simplemente para vivir en situación de reposo, tienen un gasto energético superior al adulto por kg de peso corporal, gasto que se incrementa notablemente ante la realización de actividad física. Este metabolismo basal incrementado, puede ser explicado en gran medida como consecuencia de dos factores: el proceso de crecimiento orgánico y la inmaduración fisiológica generalizada del organismo (Malina, 1986; Marcos, 1989). El primero, condiciona que se necesite mucha energía para los procesos anabólicos o de síntesis de los diferentes tejidos y estructuras corporales. El segundo, por su parte, provoca que el funcionamiento de cualquier órgano y sistema funcional se lleve a cabo con un gasto energético superior al que necesita un organismo maduro. Ambos factores originan, por tanto, un funcionamiento corporal poco económico, gastándose más energía de la necesaria para realizar cualquier actividad orgánica. Este gasto es verdaderamente importante cuando el niño realiza actividad física y deportiva (Malina, 1986; Strong, 1990).

Este condicionante de tipo metabólico, obliga a establecer algunas consideraciones en la práctica del entrenamiento con niños, sobre todo en la faceta de la preparación biológica. De una parte, la dieta que realiza el niño o adolescente debe ser rica en proteínas de alto valor biológico, vitaminas con características anabólicas, como ocurre con el complejo vitamínico B, así como rica en minerales y vitaminas que permiten un correcto crecimiento del esqueleto: calcio y fósforo, y vitaminas A y D, respectivamente (Delgado y cols, 1994). De otra parte, con la finalidad de que el niño pueda recuperarse adecuadamente del alto gasto energético, una vez finalizada la

práctica deportiva, debe disponer de tiempos de recuperación más largos que los que realiza el adulto (García y García, 1985-1; Weineck, 1988).

La inmaduración fisiológica previamente referida, está causada, en gran medida, por *insuficiencia metabólica*, que tiene su origen en dos fenómenos orgánicos: insuficiente funcionamiento hepático y suprarenal, e insuficiente funcionamiento y regulación hormonal y enzimática (Malina, 1990; Marcos, 1989). Ambos hechos, tienen notable repercusión en el ejercicio físico y entrenamiento del escolar.

La *insuficiencia funcional hepática y suprarenal* ocasiona que el funcionamiento del metabolismo del niño sea inadecuado para la práctica física, como consecuencia de los siguientes hechos. El hígado, entre la multitud de funciones que posee, es considerado como el órgano principal del metabolismo intermedio de los alimentos (McCardle y cols, 1990). Por tanto, si este órgano no puede actuar a un cien por cien de sus posibilidades durante la etapa infantil, la degradación de las sustancias portadoras de energía no puede ser desarrollada completamente, lo que origina que la obtención de energía no sea del todo adecuada a nivel muscular (Malina, 1983). Como es lógico pensar, una ineficacia metabólica hepática y, por tanto, muscular, se convierte en un factor limitante para el rendimiento deportivo (Lamb, 1985; McCardle y cols, 1990). Por otra parte, un organismo que actúa con riñones no desarrollados completamente, como sucede en la edad infantil, puede ocasionar una inadecuada depuración de metabolitos de las reacciones químicas, sobre todo porque su eliminación se hace más lenta y a veces incompleta (Malina, 1979). Estos hechos tienen una repercusión inmediata en el entrenamiento deportivo, dado que ante una acumulación de metabolitos tóxicos, originados a causa de la realización de actividad física, el niño puede cursar con fatiga, que si no es bien recuperada, supondrá una pérdida en la calidad de sesiones de entrenamiento posteriores. Esto ratifica la necesidad de que las recuperaciones tras el esfuerzo físico en niños sean superiores a las que realiza el adulto (Yessis, 1987).

En lo que respecta al *inadecuado funcionamiento y regulación hormonal y enzimática* del niño ante la práctica fisicodeportiva, quedan aún muchos elementos por analizar. Entre los fenómenos más relevantes, a este nivel, que repercuten en el rendimiento deportivo y el entrenamiento, merecen ser mencionados los siguientes. El funcionamiento hormonal es uno de los elementos fundamentales que condicionan el crecimiento corporal, entre el gran número de factores intrínsecos (herencia, sexo, hormonas, enfermedades y peso al nacer) y extrínsecos (nutrición, efecto del ejercicio, enfermedad y alimentación maternal, radiaciones, raza y clima, estaciones, clases

sociales y evolución de la especie) que repercuten sobre el mismo (Gutiérrez, 1992). En conjunto, las principales hormonas implicadas en el crecimiento óseo son la hormona del crecimiento (STH o HGH) y su mediador, la somatomedina-C, las hormonas tiroideas (T_3 y T_4), el cortisol, las hormonas sexuales y la insulina. Todas ellas se ven afectadas por el ejercicio físico y el entrenamiento, lo que ha llevado a pensar, no sin contradicciones, que el esfuerzo físico realizado en las etapas infantil y puberal pueda ocasionar un aumento de talla (Bar'Or, 1990; Gutiérrez, 1992). En otro sentido, entre las hormonas sexuales, la testosterona juega un papel importante en el rendimiento deportivo, dado que como responsable que es del anabolismo muscular, condiciona en gran medida el nivel de fuerza que puede desarrollar una persona. Esta hormona aparece en concentraciones apreciables en la sangre a partir de la pubertad (American Academic of pediatrics, 1990; Weineck, 1989). Así, hacia la edad aproximada de 11 años, se hallan concentraciones de 60 mg/100 ml de sangre. Terminada la pubertad, aproximadamente a la edad de 15 años, ya se detectan concentraciones de hasta 600 mg/100 ml de sangre en el varón y 85 mg/100 ml de sangre en la mujer. Esta insuficiencia de las hormonas sexuales en la fase prepuberal, origina una imposibilidad de trabajar adecuadamente algunas de las manifestaciones de la fuerza, entre las que se incluye la fuerza máxima y la resistencia a la fuerza, como consecuencia de que es imposible estimular la hipertrofia muscular por encima de los niveles ocasionados por el propio crecimiento (American Academy of Pediatrics, 1990). Asimismo, la diferencia en la concentración de testosterona entre niños y niñas a partir de la pubertad, indica la necesidad de un trabajo diferenciado entre ambos para el desarrollo de esta cualidad (Weineck, 1988).

Por su parte, la *insuficiencia funcional enzimática* del niño, viene condicionada porque varios de los enzimas claves en el metabolismo anaeróbico se encuentran en concentraciones inferiores a las que posee el adulto y, además, estos enzimas tienen menor actividad. Los más destacables son: fosfofructokinasa, piruvatodeshidrogenasa y fosforilasas (García y García, 1985). Esta característica enzimática del organismo del escolar produce un fenómeno característico que se denomina *paradoja del lactato*. Si se compara al niño con un adulto cuando ambos realizan, a nivel proporcional, una misma cantidad de trabajo a elevada intensidad, el niño acumula un 35 % menos de ácido láctico que la persona adulta (Mocellin y cols, 1990; Williams y cols, 1990). Este hecho sólo puede ser explicado porque el niño tiene el umbral anaeróbico más alto respecto a la máxima capacidad de trabajo, umbral anaeróbico relativo (UAR) (Bar'Or, 1983). En la persona adulta, tener el UAR más alto, es señal de que los mecanismos de producción y eliminación del ácido láctico producido en la glucólisis anaeróbica,

han adquirido un alto grado de adaptación al ejercicio físico y, por tanto, se consigue acumular menos ácido láctico para intensidades superiores de trabajo (Saltin, 1989 - 1, 2, 3). En el niño, el valor elevado del UAR no se debe a una mejor adaptación ocasionada por el entrenamiento, sino a una incapacidad para producir elevadas cantidades del mismo, como consecuencia de su incapacidad enzimática. De aquí surge la denominación de paradoja del lactato de este fenómeno (García y García, 1985 - 2). Por tanto, se puede establecer que el niño trabaja predominantemente en régimen aeróbico, incluso a intensidades moderadas-altas (Mocellin y cols, 1990). Por otra parte, aunque la mayor parte de los autores no aconsejan el trabajo anaeróbico láctico con niños (García y García, 1985-2; Weineck, 1988), son escasos los estudios que han analizado en profundidad los efectos fisiológicos que puede tener elevados niveles de ácido láctico muscular y sanguíneo, por lo cual la contraindicación absoluta de que el niño deba realizar esfuerzos anaeróbicos lácticos queda por verificar (Armon y cols, 1991).

En otro orden de hechos, ha sido verificado que el entrenamiento de resistencia aeróbica aplicado correctamente, no aumenta el número, el tamaño y, por tanto, la funcionalidad de las mitocondrias en niños antes de la pubertad (Bar´Or, 1983), lo que supone un cierto hándicap para la mejora total del rendimiento aeróbico, dado que estos orgánulos celulares, representan el elemento fundamental de la respiración celular. A pesar de ello, la práctica deportiva regular en la etapa prepuberal, ocasiona un aumento de la actividad enzimática oxidativa, fundamentalmente de los enzimas succinato deshidrogenasa, citocromo oxidasa y palmitil CoA sintetasa (Bar´Or, 1983), que contrarrestan en cierta medida el hándicap anterior. En el mismo sentido, el aumento de las reservas de glucógeno muscular que se produce como adaptación del entrenamiento en la etapa escolar, favorecen la posibilidad de conseguir un mayor rendimiento en actividades realizadas en régimen aeróbico (Bar´Or, 1983; García y García, 1985-2), sobre todo, cuando éstas tienen una duración prolongada, ya que en este tipo de esfuerzo la depleción de las reservas de glucógeno se convierten en el factor limitante del ejercicio (Costill, 1985; Mcardle y cols, 1990).

RESPUESTAS Y ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIAS: HEMODINÁMICA ORGÁNICA

Las respuestas y adaptaciones hemodinámicas al esfuerzo físico se fundamentan en el funcionamiento y regulación de los sistemas cardiovascular y respiratorio, junto a

sus interacciones con el metabolismo y la regulación endocrina (Barbany, 1983; Lamb, 1985; Mcardle y cols, 1990). Dado que el niño y el joven tienen un funcionamiento de estos sistemas diferentes a los del adulto, sus respuestas y adaptaciones al ejercicio físico y al entrenamiento serán diferentes (Bar´Or, 1983; Boule y cols, 1989; Petrova y Moisseva, 1990).

Comenzando por el análisis del *funcionamiento cardiovascular*, es por todos conocido, que la frecuencia cardíaca del niño es más elevada que la del adulto, tanto en situación de reposo, como ante la realización de un esfuerzo físico para una misma intensidad de trabajo (Tarakanov, 1990). Por ello, no debe ser considerada como respuesta inadecuada, una elevada frecuencia cardíaca cuando el niño realiza actividad aeróbica continua. Así, valores de hasta 170-180 pulsaciones por minuto pueden ser considerados normales (Tarakanov, 1990). Por otra parte, el volumen sistólico (cantidad de sangre expulsada en cada latido) es inferior en el niño respecto al adulto, dado el menor tamaño del corazón (Krahenbuhl y cols, 1985). La conjunción de éstos dos factores ocasiona un menor gasto cardíaco absoluto en el niño, lo que podría representar un factor limitante del rendimiento aeróbico (Rowland, 1990). Pero si se tiene en cuenta el gasto cardíaco respecto al peso corporal, el índice de eficacia del corazón del niño puede ser considerado tan bueno como el del adulto. Con el entrenamiento se aprecian modificaciones morfofuncionales del sistema cardiovascular, fundamentalmente a partir de la pubertad, siendo de destacar el aumento del tamaño del corazón y de las paredes del miocardio, lo que ocasiona un aumento del volumen sistólico, con disminución de la frecuencia cardíaca (Krahenbohl y cols, 1985; Rowland, 1990).

En cuanto al *funcionamiento respiratorio*, la frecuencia ventilatoria del infante es más acelerada y menos profunda, lo que la hace antieconómica, ya que supone un mayor trabajo de la musculatura respiratoria sin conseguirse un incremento del oxígeno recogido por la hemoglobina (Boule y cols, 1985; Krahenbuhl y cols, 1985). Igualmente, la capacidad vital, el volumen espiratorio máximo en un minuto y el índice de Tiffeneau son inferiores en el niño respecto al adulto, hechos todos que muestran la menor capacidad ventilatoria del primero (Sanchez, 1992). Con el entrenamiento estos índices de eficacia respiratoria mejoran, como consecuencia de que la ventilación se hace más profunda y disminuye el número de ventilaciones por minuto (Bar´Or, 1983; Boule y cols, 1985).

Estas respuestas y adaptaciones hemodinámicas, se concretan en un parámetro fundamental de rendimiento aeróbico, el *consumo máximo de oxígeno* ($VO_{2\text{máx}}$). Este parámetro presenta una evolución pareja al aumento de peso corporal causado por la maduración (Rutenfranz y cols, 1990). Así, tal y como aumenta el peso corporal del niño o del joven, aumenta el valor absoluto del consumo de oxígeno, hecho que permite verificar porque el adulto siempre posee un valor absoluto superior de $VO_{2\text{máx}}$ respecto al niño (Krahenbuhl y cols, 1985; Manno, 1991; Shvartz y Reibold, 1990). El valor de $VO_{2\text{máx}}$ absoluto no es pues un buen indicador de la capacidad de rendimiento aeróbica, dado que si comparamos dos niños que teóricamente entrenasen lo mismo, el más obeso siempre tendría valores superiores, lo cual no es indicativo de que deba obtener una mayor capacidad de rendimiento. Si se estudia el valor absoluto de $VO_{2\text{máx}}$ por sexos, se aprecia que si bien antes de la pubertad no existen diferencias significativas entre niños y niñas, después de la misma la mujer adolescente tiene un valor aproximado del 65-75 % respecto al 100 % que tiene el hombre (Shvartz y Reibold, 1990), por lo cual las mujeres entrarán antes en anaerobiosis ante un incremento paulatino del esfuerzo (García y García, 1985-2). Como consecuencia del aumento de peso que acompaña a la pubertad, en esta fase se da un aumento apreciable del $VO_{2\text{máx}}$. Los valores máximos por maduración tienden a alcanzarse hacia los 18-20 años (Shvartz y Reibold, 1990), pero con el entrenamiento esta evolución puede variarse claramente.

Como consecuencia de que el valor de $VO_{2\text{máx}}$ absoluto puede llevar a error en cuanto a la capacidad de rendimiento aeróbico, en el ámbito del entrenamiento se utiliza el valor de $VO_{2\text{máx}}$ relativo, el cual si tiene en cuenta el peso corporal de la persona (ml/kg/mn) (Saltin, 1989 - 1, 2, 3). Se ha mostrado que el niño prepúber tiene valores superiores de $VO_{2\text{máx}}$ relativo respecto al adulto (Shvartz y Reibold, 1990), por lo cual se puede establecer que el niño está muy bien capacitado para los trabajos de tipo aeróbico (García y García, 1985-1). Antes de la pubertad, no se dan diferencias en este valor entre niños y niñas, pero tras la misma, las mujeres se quedan al 75-85 % de la capacidad que presentan los varones, lo cual representa una diferencia de los valores de $VO_{2\text{máx}}$ menor que la ocasionada a nivel absoluto (Bar'Or, 1983; Shvartz y Reibold, 1990). En niños hacia los 9-10 años el valor tiende a estabilizarse, mientras que en esta edad en las niñas tiende a disminuir por su patrón diferente de maduración. En las niñas estos valores se hacen estables después de la pubertad, cuando el depósito de grasa característico de la mujer ya ha terminado de producirse. Está demostrado que en niñas que han seguido un entrenamiento continuo desde antes de la menarquia, el valor relativo de $VO_{2\text{máx}}$ tiende a estabilizarse mucho antes

(Torres, 1992). Por tanto, durante todo el periodo escolar, los niños van a tener una buena capacidad para trabajar la resistencia aeróbica, aunque existe cierta controversia para poder definir la mejora de la misma tomando como índice de rendimiento el VO_2 máx (Marcos, 1989). Este hecho se debe a que se han realizado pocos estudios longitudinales donde se controle la evolución del VO_2 máx como consecuencia de la aplicación de programas de entrenamiento en la edad infantil y, además, por la dificultad de determinar adecuadamente el $VO_{2\text{máx}}$ en niños, (Hergenroeder y Schoene, 1989), dado que deben ser sometidos a pruebas máximas y la meseta del consumo de oxígeno, que es el criterio para definir el $VO_{2\text{máx}}$, no se aprecia adecuadamente en los protocolos de esfuerzo (Marcos, 1989)

Por último es necesario referir, que cuando el niño es sometido a cargas intensas, suelen aparecer trastornos del ritmo cardíaco y de la conducción sanguínea, hechos que también ocurren en el adulto pero con menor asiduidad. La reiteración de este tipo de cargas puede causar algunos tipos de arritmias, soplos, hipertensión débil, palpitaciones, dolor de cabeza, etc, aunque suelen tener una duración transitoria (De la Cruz, 1989).

FUNCIONAMIENTO NEUROMUSCULAR Y APARATO LOCOMOTOR PASIVO

El tercer grupo de factores que repercuten en el rendimiento de pruebas de resistencia aeróbica, son los de tipo nervioso y músculo-esquelético, y no por ello significa que tengan menos importancia.

Desde el punto de vista del *funcionamiento del sistema nervioso*, el objetivo del entrenamiento es conseguir una correcta economía gestual, con la finalidad de que la realización del gesto suponga el menor gasto energético para el niño (Rowland, 1990). En numerosas ocasiones ha sido establecido que la edad idónea para el aprendizaje de los gestos técnicos, corresponde al período prepuberal, momento en que se da una fase sensible o período crítico de aprendizaje motor (Baur, 1991; Delgado y cols, 1992). A esto hay que unir, que al niño por su morfología le cuesta poco trabajo mejorar la ejecución de los movimientos, dada la buena relación peso-talla (Rowland, 1990). Aprendido y automatizado el gesto, este permanecerá para el resto de la vida en el comportamiento motor de la persona. Por tanto, debe ser aprovechada esta fase para definir claramente la ejecución correcta de los gestos (Hahn, 1988), lo que

repercutirá en una economía gestual y, por tanto, un mayor rendimiento en esfuerzos aeróbicos.

En lo que respecta al *aparato locomotor*, se han establecido una serie de hechos que pueden crear ciertas limitaciones y contraindicaciones para el entrenamiento de la resistencia aeróbica en niños (American Academy of Pediatrics, 1982). El organismo del ser humano desde el nacimiento hasta la plena maduración no está totalmente conformado, como lo muestran entre otros ellos que los huesos no han alcanzado su tamaño final y no están mineralizados completamente, los ligamentos y tejidos conectivos se muestran poco resistentes ante esfuerzos estresantes, y el porcentaje de fibras musculares es inferior al que se poseerá en la edad adulta, tanto en valor absoluto como relativo (Marcos, 1989). El cuerpo del niño es un cuerpo cambiante, que crece y varía sus proporciones de forma casi constante. Por todo ello, un entrenamiento de resistencia aeróbica que suponga una sobrecarga o se realice de forma unilateral, como podría ser la utilización exclusiva de la carrera continua (Chanon, 1984), puede originar daños, tanto en el crecimiento correcto del hueso, como en la resistencia mecánica de músculos y tendones, pudiendo ocasionar arrancamientos óseos y roturas fibrilares (Mandel, 1984). Por el contrario, también ha sido corroborado que un entrenamiento de resistencia bien dosificado favorece la maduración del sistema músculo-esquelético, dado que estimula la osteoblastosis, favorece la nutrición del cartílago, induce a una adecuada ordenación de las fibras de colágeno y permite una correcta lubricación articular (Rougier y Ottoz, 1984). Por otra parte, no puede ser olvidada la repercusión del mismo sobre la composición corporal, con la disminución del peso total, ocasionada por la disminución del porcentaje de grasa corporal (Torres, 1992), así como el aumento del porcentaje muscular, hecho este último que sólo es apreciable al llegar la pubertad y someter al púber a un entrenamiento de fuerza (Weineck, 1988). En otro sentido, no se ha evidenciado claramente que este tipo de entrenamiento varíe la funcionalidad de las fibras musculares y la vascularización de las mismas, al menos antes de la pubertad (García y García, 1985-1; 1985-2). Como último elemento digno de mención que afecta a la capacidad para realizar trabajos de resistencia, desde el punto de vista muscular, el niño presenta una mayor disponibilidad de fibras lentas o rojas que el adulto (Bar´Or, 1983), lo que facilita la realización de actividades físicas en régimen aeróbico.

TERMOREGULACIÓN

No podría terminarse esta exposición de la fundamentación anatómico funcional del rendimiento y el entrenamiento de la resistencia sin hablar de la termoregulación, que en muchas ocasiones se convierte en el verdadero limitante de los esfuerzos de tipo aeróbico en el niño, al menos en ambientes fríos o cálidos (Marcos, 1989). Ha sido verificado que ante temperaturas ambientales normales o neutras, el organismo del niño responde adecuadamente cuando es sometido a esfuerzo físico para mantener su temperatura corporal interior. Este mecanismo termoregulador se hace ineficaz ante ambientes cálidos y fríos, por razones diversas. Así, cuando la temperatura ambiente supera la temperatura corporal, el niño presenta grandes dificultades para eliminar el exceso de calor, dada la gran superficie corporal que tiene respecto a su peso corporal. Además, el organismo del niño presenta una deficiente capacidad para transpirar y producir sudor, lo que incrementa la temperatura interior (Marcos, 1989). A ello hay que unir que como el gasto cardíaco es menor que el del adulto, la piel recibe menos sangre, lo cual hace aún más difícil la pérdida de calor. En el sentido contrario, ante ambientes fríos, la gran superficie corporal hace difícil que el niño pueda mantener una temperatura interior adecuada (Marcos, 1989), lo que se une a que el tejido adiposo, que actúa como sistema aislante, es menor en el niño que en el adulto. Por tanto, en estos ambientes extremos, la imposibilidad de mantener adecuadamente la temperatura corporal puede convertirse en el factor limitante del rendimiento aeróbico.

CONCLUSIÓN

En resumen, se puede decir que el niño está capacitado orgánicamente para el trabajo de resistencia aeróbica desde edades tempranas, siendo algo más controvertido el poder establecer su capacidad para el trabajo anaeróbico láctico. En cuanto a los esfuerzos de tipo anaeróbico aláctico no se presenta ninguna contraindicación, siendo una vía metabólica utilizada usualmente en la práctica fisioeducativa infantil. Entre las causas que podrían limitar en mayor medida el rendimiento de esfuerzos aeróbicos de duración, se encuentran los factores ventilatorios y respiratorios, los posibles daños en el aparato locomotor, tanto activo como pasivo, ante un trabajo unilateral y sobrecargado, así como los problemas de termoregulación en ambientes de alta o baja temperatura. En otro sentido, todos los parámetros y factores que condicionan la resistencia aeróbica pueden ser mejorados durante la etapa escolar, aunque cada uno de ellos lo hace en un momento evolutivo diferente. Así, los factores neuromusculares son los entrenables a menor edad (prepubertad), seguido de la mayor parte de los

factores metabólicos, para terminar, a partir de la pubertad, con los factores cardiovasculares-respiratorios y hormonales. El entrenamiento de esta cualidad física no muestra diferencias entre niños y niñas antes de la pubertad, pero a partir de la misma deben aparecer diferenciaciones, dado que el varón puede obtener mayores rendimientos por causas morfofuncionales.

REFERENCIAS

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. (1982): Risk in long distance running for children. *Phys. Sportmed.* 10; 82-86.
- AMERICAN ACADEMIC OF PEDIATRICS COMMITTEES ON SPORTS MEDICINE (1990): Strength training, weight and power lifting, and body building by children and adolescents. *Pediatrics*, 86-5; 801-803.
- ARMON, Y., COOPER, D.M., FLORES, R. y cols (1991): Oxygen uptake dynamics during high-intensity exercise in children and adults. *J Appl. Physiol.*, 70-2; 841-848.
- BARBANY CAIRO, J.R. (1983): Elementos de fisiología aplicados al ejercicio físico. Ed. Generalitat de Catalunya, INEF, Barcelona.
- BAR-OR, O. (1990): Discusión: Growth, exercise, fitness and later outcomes, En; *Exercise, fitness, and health. A consensus of current knowledge.* C. Bouchard. y cols. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois. pp. 655-660.
- BAR´OR, O. (1983): *Paediatric Sports Medicine for the practitioner. From physiological principles to clinical applications.* Ed. Springer-Verlag. New York inc.
- BAUR, J. (1991): Entrenamiento y fases sensibles. *Revista del Entrenamiento Deportivo.* 5-3; 24-29.
- BOULE, M., GAULTIER, C., GIRARD, F. (1989): Breathing pattern during exercise in untrained children. *Respir Physiol.*, 75-2; 225-232.
- CHANON, R. (1984): Entrenamiento de la carrera de niños y jóvenes. *Stadium*, 105; 7-15.
- COSTILL, D.L. (1985): Carbohydrate nutrition before, during, and after exercise. *Fed. Proc.* 44; 364-368.

- DE LA CRUZ, J.C. (1989): *Desarrollo anatómico-fisiológico-motor del niño y adolescente*. En: Entrenamiento deportivo en la edad escolar. ANTON, J.A. y cols. Ed. UNISPORT, Junta de Andalucía. 27-57.
- DELGADO, M., PADIAL, P., MARTIN, N. y GUTIERREZ, A. (1992): Fundamentación teórica para el entrenamiento con niños y adolescentes en el ámbito de la educación física. *Actas del IX Congreso Nacional de Educación Física de las Escuelas Universitarias de Formación del Profesorado*. Ed. Universidad de Barcelona. Sin paginar.
- DELGADO, M. GUTIERREZ, A., CASTILLO, M.J. (1994): *Alimentación y entrenamiento físico deportivo en la infancia y adolescencia*. Edit. Interamericana. Enviado para publicación.
- DURAND, M. (1988): *Motivación y práctica deportiva en el niño*. En: El niño y el deporte. Ed. Paidós Ibérica S.A. Barcelona. 33-88.
- GARCIA, J., GARCIA, L. (1985-1): *Fisiología del niño y adaptación al ejercicio*. En: El deporte en la infancia y adolescencia. Ed. Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia. Generalitat Valenciana. 33-47.
- GARCIA, L., GARCIA, J. (1985-2): *Modificaciones fisiológicas en el niño por el ejercicio continuado*. En: El deporte en la infancia y adolescencia. Ed. Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia. Generalitat Valenciana. 49-66.
- GUTIERREZ, A. (1992): *Actividad física en el niño y el adolescente*. En: Fisiología de la actividad física y del deporte. J. González. Edit. McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid. pp. 337-355.
- HAHN, E. (1988): *Entrenamiento con niños*. Ed. Martínez Roca, Barcelona. 165 pp.
- HERGENROEDER, A.G., SCHOENE, R.B. (1989). Predicting maximum oxygen uptake in adolescents. *Am.J. Dis. Chil.*, 143-6; 673-676.
- KRAHENBUHL, G.S., SKINNER, J.S., KOHRT W.M. (1985): Developmental aspects of aerobic power in children. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 13; 503-538.
- LAMB, D. (1985): *Fisiología del ejercicio físico. Respuestas y adaptaciones*. Ed. Pila Teleña, Madrid. pp. 17-298.
- MALINA, R.M. (1986): Energy expenditure and physical activity during childhood and youth. En: *Human growth: A multidisciplinary review*. Demirjian A. (ed). Taylor and Francis. London. pp. 215-225.
- MALINA, R.M. (1990): Growth, exercise, fitness and later outcomes, En; *Exercise, fitness, and health. A consensus of current knowledge*. C. Bouchard. y cols. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois. pp. 637-654.

- MALINA, R.M.(1983): Human growth, maturation and regular physical activity. *Acta Med. Auxol.* 15; 5-23.
- MALINA, R.M. (1979): The effects of exercise on specific tissues, dimensions and functions during growth. *Stud. Phys. Anthropol.* 5; 21-52.
- MANDEL, C. (1984): *Sport et pathologies*. En: *Le medecin, l'enfant et le sport*. Mandel, C. Ed. Vigot. París. 141-251.
- MANNO, R. (1991): *La preparación deportiva de niños y muchachos*. En: *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Ed. Paidotribo. Barcelona. 261-282.
- MARCOS, F. (1989): *Crecimiento y maduración. Influencia de la actividad física y el deporte en el desarrollo de los órganos, sistemas y funciones del niño*. En: *El niño y el deporte*. Ed. Weider Santonja. Madrid. 20-73.
- McARDLE, W.D. ; KATCH, F.I.; KATCH, V.C. (1990): *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento deportivo*. Alianza Editorial. Madrid.
- MOCELLIN, R., HEUSGEN, M., KORSTEN-RECK, U. (1990): Maximal steady state blood lactate levels in 11-year-old boys. *Eur. J. Pediatr.*, 149-11; 771-773.
- PLATONOV, V.N. (1988). *El entrenamiento deportivo. Teoría y metodología*. Edit Paidotribo. Barcelona.
- PETROVA, R.F., MOISEEVA, N.I. (1990): The effect of the motor regimen on the state on the blood circulation in 6-year-old children in kindergarten. *Gig. Sanit.*, 9; 51-53.
- ROBERTS, G.C. (1991): Actividad física competitiva para niños: consideraciones de la psicología del deporte. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 5-5; 2-10.
- ROUGIER, G. OTTOZ, H. (1984): *Entraînement physique et croissance staturale*. En: *Le medecin, l'enfant et le sport*. Mandel, C. Ed. Vigot. París. 141- 152.
- ROWLAND, T.W. (1990): Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med.*, 10-4; 255-266.
- RUTENFRANZ, J., MACEK, M., LANGE ANDERSEN, K. y cols (1990): The relationship between changing body height and growth related changes in maximal aerobic power. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60-4; 282-287.
- SALTIN, B. (1989): Capacidad aeróbica y anaeróbica (1ª, 2ª y 3ª parte). *Revista del Entrenamiento Deportivo*. 3-2; 2-10. 3-3; 2-10. 3-4; 2-10.
- SANCHEZ, F. (1992): *La función pulmonar en el desarrollo y la actividad física*. En: *Valoración médico-deportiva del escolar*. Santonja, F. y Martínez, I. Ed. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. 33-38.
- SHVARTZ, E., REIBOLD, R.C. (1990): Aerobic fitness norms for males and females aged 6 yo 75 years: a review. *Aviat. Space Environ. Med.*, 61-1; 3-11.

- STRONG, W.B. (1990): Physical activity and children. *Circulation*, 81-5; 1697-1701.
- TARAKANOV, P.V. (1990): The effect of information loading and physical activity of differing intensities on the organization of the heart rhythm in children. *Fiziol. Cheloveka*, 16-4; 47-52.
- TONZ, O., STRONSKI, S.M., GMEINER, C.Y. (1990): Growth and puberty in 7-to-16-year-old female gymnasts: a prospective study. *Schweiz. Med. Wochenschr.*, 120 (1-2); 10-20.
- TORRES, J. (1992): *La resistencia: Directrices didácticas*. En: Teoría y práctica del entrenamiento deportivo. Consideraciones didácticas I. Ed. Calcomanía. Granada. 180- 191.
- TSCHIENE, P. (1990): Por una teoría del entrenamiento juvenil. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 6-1; 13-22.
- VERJOSANSKY, I.V. (1990): *Entrenamiento deportivo. Planificación y programación*. Edit. Martínez Roca. Barcelona.
- WEINECK, J. (1988): *Entrenamiento óptimo. Como lograr el máximo rendimiento*. Ed. Hispano Europea. Barcelona.
- WILLIAMS, J.R., ARMSTRONG, N., KIRBY, B.J. (1990): The 4 mM blood lactate level as an index of exercise performance in 11-13 year old children. *J. Sports Sci*, 8-2; 139-147.
- YESSIS, M. (1981): La recuperación. 1ª parte. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1-3; 44-49.
- ZINTL, F. (1991): *Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. Edit Martínez Roca. Barcelona.