

Dentro del apartado de planificación del entrenamiento y de acuerdo a este período de desarrollo, se exponen el ejemplo de la planificación del entrenamiento en un deporte colectivo y la planificación del entrenamiento en un deporte individual.

Deseo que esta publicación sea un instrumento válido para los entrenadores de las diferentes disciplinas deportivas, para los Licenciados en Educación Física y alumnos de Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y del Centro Superior de Formación del Profesorado en la rama de la Educación Física.

JUAN ANTONIO DÍAZ ALMEIDA

Director General de Deportes
del Gobierno de Canarias

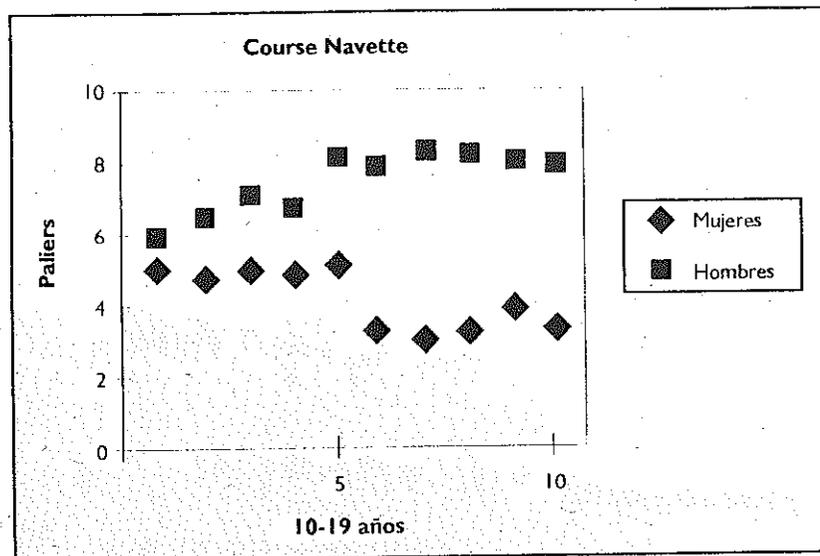
"El entrenamiento deportivo
en la infancia y adolescencia"
Varios Autores, 1998
Escuela CANARIA de Deportes

Entrenamiento de la resistencia en niños

Juan Manuel García Manso

El estudio de la resistencia durante los primeros años de vida de un sujeto se debe realizar analizando las adaptaciones de los sistemas que configuran el sistema de aporte de oxígeno (pulmones, corazón, circulatorio, extracción de oxígeno, utilización de oxígeno, etc.), así como el desarrollo de los diferentes sistemas energéticos que permiten la contracción muscular y que se encuentran en gran parte determinados por el desarrollo de los sistemas circulatorio y respiratorio, que son los que van a permitir renovar el contenido de oxígeno de la sangre capilar y van a delimitar la capacidad de obtención de energía durante un esfuerzo aeróbico.

Siendo rigurosos, debemos partir de que existen muchas manifestaciones de la resistencia, tal y como ya vimos en el apartado correspondiente, y sus dependencias fisiológicas varían en importancia según el origen de la misma. Tampoco debemos olvidar que los resultados no sólo van a depender de los factores fisiológicos, sino que se encuentran condicionados por numerosas variables que afectan directamente sobre el mismo.



Evolución del resultado en la prueba de 12' de carrera en niños de 11 a 18 años (Szczesky 1983)

Metabolismo aeróbico. El VO_2 máx. es un parámetro que nos permite evaluar la capacidad de resistencia de un sujeto ante esfuerzos de baja intensidad y larga duración. Por lo tanto, si con el entrenamiento pudiéramos mejorar los niveles de este parámetro, sería lógico pensar que el sujeto podría rendir más en este tipo de esfuerzo.

¿Hasta qué punto puedo incidir sobre el mismo? ¿Es ilimitado el nivel de mejora que podemos alcanzar mediante el entrenamiento?

Según Klissouras, los valores del VO_2 vienen determinados en un 98% por factores hereditarios, por lo que los antecedentes familiares pueden ser un factor determinante del rendimiento en pruebas de resistencia. Sin embargo, su desarrollo y, por lo tanto, sus valores máximos están seriamente condicionados por el entrenamiento. En ese sentido, Guminski (1973-cfr. Fillin-1989) comprobó la importancia del entrenamiento al encontrar que los jóvenes deportistas de 10 años superan en un 10% los valores de VO_2 máximo a los de su misma edad de hábitos sedentarios, mientras que a la edad de 16-17 años, las diferencias pueden ser de un 50-60 %.

Relaciones existentes entre diferentes parámetros relacionados con la resistencia y los antecedentes familiares.

FENOTIPO	Concentración familiar	Heredabilidad	Efecto maternal o paternal
Potencia submáxima	+	no	no
Resultado en 90'	++	--	desconocido
VO_2 máx.	+	-	ligeramente maternal
Tamaño corazón	++	-	no
Volumen del corazón	--	--	desconocido
Composición de fibras	--	-	desconocido
Potencial oxidativo	--	-	desconocido
Movilización de lípidos	++	--	desconocido

Donde: + significativo; ++ muy significativo.

La mejora que se puede alcanzar en el VO_2 máx. respecto a los valores iniciales es estimada por diferentes autores entre un 10-30%, aunque algunos datos experimentales encuentran incrementos superiores, como fue el caso de Brown (1972), quien aporta mejoras de un 33% del VO_2 máx. en niñas de 8 a 9 años que corrían 6.4 a 11.2 km., 4 a 5 días por semana. Algunas investigaciones (Bouchard- 1988) nos muestran la importancia que el fenotipo puede tener sobre las posibilidades adaptativas del organismo ante esfuerzos aeróbicos.

La evaluación de éste y otros parámetros obtenidos a partir de la ejecución de una prueba de esfuerzo, a la edad en que los mismos han logrado alcanzar valores muy próximos a los máximos, puede ser de utilidad para determinar los valores funcionales mínimos que permiten alcanzar excelentes resultados en pruebas de resistencia. Así, los corredores jóvenes de medio-fondo y fondo deben presentar los siguientes valores orientativos.

Niveles de VO_2 máx., velocidad máxima de carrera en tapiz (5 % de inclinación) y lactato máximo en jóvenes corredores de medio-fondo y fondo

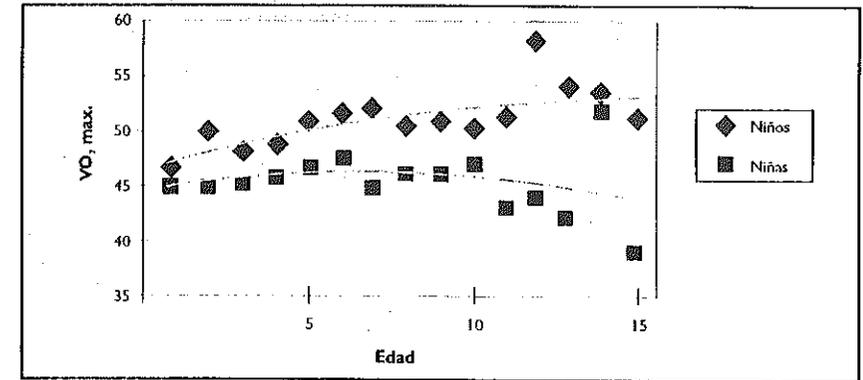
	16 años (hombres - mujeres)					
	VO_2 máx. (ml/kg/min)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	U.A.n. (mmol/l)	
Excelente	> 71.1	>63.1	> 12.1	> 12.1	> 20	17.5
Aceptable	66-71	59-63	10-12	10-12	19	16.5
Inaceptable	<65.9	<58.9	<9.9	<9.9	<18	<15.5
	16 - 18 años (hombres - mujeres)					
	VO_2 máx. (ml/kg/min)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	$V_{\text{máx}}$ (km/h)	U.A.n. (mmol/l)	
Excelente	> 73.1	>65.1	>14.1	>13.1	>21	>18
Aceptable	68-73	60-65	12-14	12-14	20	17
Inaceptable	<67.9	<59.9	<11.9	<10.9	<19	<16

Bunc (1994)

La realidad nos demuestra que los valores del VO_2 máximo van variando (incrementándose), de forma natural, con la edad de la persona. Diferentes estudios longitudinales han demostrado que el VO_2 máximo (absoluto) aumenta con la edad hasta los 18-20 años en sujetos no activos, pudiéndose aumentar esta capacidad, como ya señalamos, si el sujeto es sometido a un entrenamiento adecuado. También resulta evidente que puede retrasarse la involución que experimenta el VO_2 máximo con la edad. No obstante, el consumo de oxígeno (relativo) es relativamente estable durante el crecimiento, aunque no por ello dejan de mejorarse los rendimientos en pruebas aeróbicas. Este comportamiento es lo que Bar-Or (1983) denomina "reserva aeróbica", concepto éste que debe ser estudiado con mayor profundidad.

Tabla 195. Ejemplo de evolución del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) y la frecuencia cardíaca máxima (FC máx.) en función de la edad y el sexo.

EDAD	VO_2 (M)	VO_2 (F)	FC.MÁX.(M)	FC.MÁX.(F)
4 a.	47.5	45.1	199.7	204.1
5 a.	50.5	44.9	202.7	205.7
6 a.	49.3	45.6	203.9	204.4
7 a.	49.9	46.6	200.5	205.2
8 a.	52.0	47.7	203.4	206.3
9 a.	52.9	48.9	199.6	199.1
10 a.	53.4	49.5	195.2	197.3
11 a.	51.7	46.0	191.8	197.5
12 a.	52.5	47.7	194.5	195.2
13 a.	51.6	48.4	193.6	193.8
14 a.	52.2	44.0	194.0	194.4
15 a.	53.4	44.7	191.9	188.9
16 a.	54.9	43.6	190.0	191.1
17 a.	54.0	53.1	193.2	194.6
18 a.	52.4	40.1	190.0	188.7



Evolución del VO_2 máx. relativo entre los 4-18 años.

El aumento creciente que presenta el VO_2 de un sujeto desde los primeros años de vida no siempre es lineal, mostrando diferentes ritmos o velocidades de crecimiento. Cunningham, Paterson, Blimkie, y Donner (1984) consideraron que el incremento del VO_2 se debe inicialmente a los cambios que aparecen en el volumen sistólico, mientras que más tarde el efecto se debe al incremento de la diferencia arterio-venosa de O_2 .

Lógicamente, el corazón aumenta su tamaño de forma paralela a como lo hace el resto de estructuras del cuerpo durante la etapa de crecimiento. Durante el primer año de vida, este órgano duplica su peso, a los 5 años el peso es cuadruplicado, a los 9 está multiplicado por seis, mientras que de los 9 a los 16 años, hay un segundo período de crecimiento rápido, concomitante al crecimiento general de este período (Tanner-1974). Este incremento del tamaño del corazón en valores absolutos no evoluciona de forma similar en sus valores relativos, los cuales pasan de un 0.73-0.86 del peso corporal total en el niño recién nacido al 0.43% de los varones adultos y 0.40% de las mujeres. Wirth et al. (1978) señala que el volumen del corazón en niños prepúberes de 11-13 años es de 403 vs 342 ml, en la pubertad 561 vs 446 ml y en los postpúberes 857 vs 552 ml. En el trabajo anteriormente citado de Wirth, se indica que el volumen relativo del corazón (volumen en relación con el peso corporal) es de 10.8 vs 10.0 ml/kg en los prepúberes, 11.9 vs 9.7 en los púberes y 12.3 vs 10.4 en los postpuberales. El tamaño del corazón afecta al volumen sistólico y, por lo tanto, al consumo de oxígeno, en valores absolutos, del niño sin necesidad de que se apliquen cargas específicas de entrenamiento.

Valores de volumen sistólico y gasto cardíaco en esfuerzo.

Índice	8-9 años	10-11 años	12-15 años	Adultos
Volumen Sistólico (ml)	69.8	79.8	117.5	139
Gasto Cardíaco (l/min)	13.5	15.7	20.1	25-26

Como es lógico, el volumen sistólico aumenta con la intensidad del ejercicio, alcanzando sus valores máximos alrededor del 60% del VO_2 máximo en los adultos. Algunas evidencias parecen indicar que esta relación entre el volumen sistólico y la intensidad de carga no se cumple en los niños. Turley y Wilmore (1997) no encuentran diferencias significativas entre el volumen sistólico al 36-38% del VO_2 máximo y el 73-74% del VO_2 máximo en niños y niñas de 7-9 años de edad. Tampoco Eriksson et al. (1971) encontraron, en niños de 13-14 años, diferencias del volumen sistólico entre intensidades del 35% del VO_2 máximo y el máximo posible que pudiera alcanzar.

Tampoco podemos olvidar que los niños tienen una frecuencia cardíaca máxima, más elevada que los adultos (195-215 p/m). Después de la infancia (6-8 años), la frecuencia cardíaca decrece con la edad a razón de 0.7 a 0.8 latidos/minuto/año (Bar-Or-1983). Vemos, por lo tanto, como la evolución normal de este factor no favorece a primera vista la mejora del gasto cardíaco e indirectamente al consumo de oxígeno.

También la respuesta cardíaca del niño ante el ejercicio intenso es diferente a la del adulto. Sady (1981) comprobó que la frecuencia cardíaca de niños (10.2 años) era diferente a la de los adultos (30 años) durante una prueba de 8 minutos de duración a una intensidad del 102-105% del VO_2 máximo. Así, pudo comprobar que alcanzaba el 50% de la frecuencia cardíaca en un tiempo significativamente superior (24.8 seg. Vs 41.0 seg.). Cooper et al. (1985) comprueban frecuencias cardíacas menores durante una carga en cicloergómetro al 75% del umbral anaeróbico individual, entre niños de 8.6 años de edad y jóvenes de 17.4 años.

Fruto de estas variaciones en el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca son las alteraciones que con la edad sufre el gasto cardíaco (Q). El gasto cardíaco máximo de un niño de 8-9 años de edad es aproximadamente la mitad que el de un adulto (13 l/min. Vs 26 l/m).

Estas alteraciones en la dinámica cardiovascular conllevan modificaciones en otros parámetros funcionales como la presión arterial, el flujo sanguíneo, etc. En reposo, la presión arterial es relativamente

baja en los niños, incrementándose con la edad y llegando entre los 13-16 años a una presión sistólica pronunciada (hipertensión juvenil) que oscila entre los 130-140 mm. Como en los adultos, la presión arterial de los niños se incrementa con el aumento de intensidad del esfuerzo, aunque sus valores son inferiores a la de los adultos (Turley-1997).

La cantidad total de sangre aumenta con la edad, pasando de una cantidad de 70 mililitros/kilogramo de peso entre los 7-12 años a los 50-60 mililitros/kilogramo de peso en los adultos. Estos valores se acompañan con contenidos de glóbulos rojos y hemoglobina relativamente disminuidos, lo que afecta al valor hematocrito y a la posibilidad de transportar oxígeno a los tejidos activos. Estos valores no son diferentes entre los niños y las niñas hasta la edad de los 9 a 10 años, por lo que podemos afirmar que desde la óptica de las adaptaciones morfológicas que se producen con la edad hasta la llegada de la pubertad, no existen grandes diferencias entre ambos sexos.

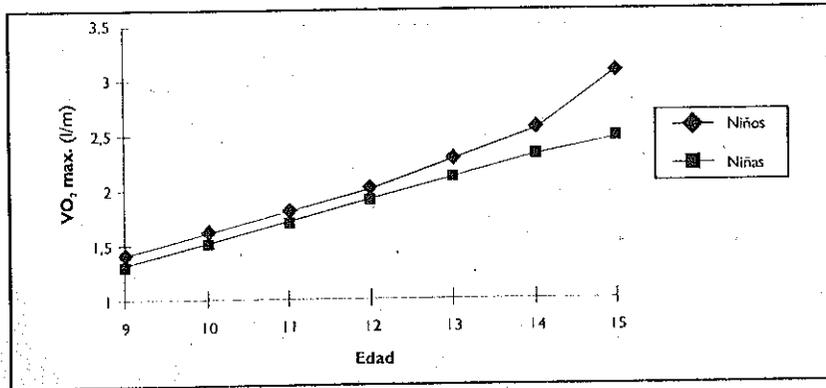
Edad	Hombres			Mujeres		
	Eritrocitos	Hb	Hematocrito	Eritrocitos	Hb	Hematocrito
10 a.	4.7	13	38%	4.7	13	38%
14 a.	5.0	14	41%	4.7	13	39%
17 a.	5.3	15	45%	4.7	13.5	40%
Adulto	5.3	16	47%	4.7	14	42%

Por contra, el entrenamiento puede modificar de forma significativa el comportamiento de estos parámetros en esta etapa de la vida. Todo parece indicar que al someter al organismo a cargas aeróbicas o a situaciones de hipoxia, el incremento en el contenido de hematíes o hemoglobina es más acentuado y rápido que en los adultos. (Kolchinskaya-1973 cfr. Fillin-1989).

El aparato respiratorio, igual que ocurría con el cardiocirculatorio, muestra una evolución determinada por el crecimiento corporal y más concretamente con los cambios en las medidas relativas del tórax, el cual no alcanza la forma cónica del adulto hasta casi la pubertad.

Edad	F. R.	V.C. (cc)	C.V. (l)
5 a.	20-25	175	1.0
10 a.	17-22	320	2.0
15 a.	15-20	400	3.7
20 a.	15-20	500	3.8

Este aumento progresivo del potencial constitucional del aparato cardiocirculatorio para transportar el oxígeno está supeditado a otras modificaciones que permiten la utilización del mismo como clave de los procesos metabólicos de carácter aeróbico. Las investigaciones nos demuestran que, generalmente, la diferencia (A-V) O_2 es algo superior en los niños respecto a los adultos (Bar Or-1983), que -como sabe-



Evolución del VO_2 máx. (l/m) en función de la edad.

mos- es el tercer factor que va a determinar los valores del VO_2 de un sujeto.

Krahembuhl et al. (1985) estudiaron la evolución del VO_2 máx. en niños y niñas de 6 a 16 años de edad, determinando la ecuación que permite determinar su valor en función de la edad.

VO_2 en valores absolutos (litros/minutos):

$$\text{Hombres: } y = 0.859 - 0.13 X + 0.010 X^2$$

$$\text{Mujeres: } y = 3.539 - 0.915 X + 0.0104 X^2 - 0.003 X^3$$

VO_2 en valores relativos (mililitros/kilógramo/minuto):

$$\text{Hombres: } y = 52.35 + 0.071 X$$

$$\text{Mujeres: } y = 58.90 - 1.15 X$$

Armstrong y Welsman proponen las siguientes fórmulas, en función de que el VO_2 máximo (litros/minuto) se determine en una prueba sobre tapiz rodante (3.703 hombres y 1.234 mujeres) o sobre cicloergómetro (3.050 hombres y 2.167 mujeres):

$$\text{Tapiz-Hombres: } y = -0.623 + 0.230 X \quad (r^2 = 0.748)$$

$$\text{Tapiz-Mujeres: } y = -0.253 + 0.124 X \quad (r^2 = 0.529)$$

$$\text{Cicloergómetro-Hombres: } y = -1.107 + 0.257 X \quad (r^2 = 0.782)$$

$$\text{Cicloergómetro-Mujeres: } y = -0.123 + 0.131 X \quad (r^2 = 0.470)$$

Si analizamos detalladamente cómo evoluciona el VO_2 máximo en sus valores absolutos, vemos que el aumento medio de 0.2 litros/minuto/año producido los años antes de la pubertad se transforma en un incremento medio de 0.4-0.5 litros/minuto/año durante la misma, para ir decreciendo en la adolescencia y terminando entre los 18-20 años, como anteriormente mencionamos, donde se alcanzan entre 3.0-3.5 lit./min. de VO_2 máximo.

Este período de rápido incremento del VO_2 es lo que se denomina P.H.V. o Pico de Alta Velocidad. Saskatchewan Child Growth and Development Study (Mirwald-1980), en un estudio con 131 niños de 7-15 años de edad, encontró que el P.H.V. aparecía entre los 13-14 años, más concretamente, cuatro meses después de que aparecía el P.H.V. de su crecimiento, lo que confirma la enorme dependencia que existe con respecto al crecimiento de otras estructuras corporales. Datos parciales del mismo estudio demostraron que los niños activos tenían un mayor crecimiento del VO_2 máximo que los niños inactivos inmediatamente después del PHV, a la vez que se prolongaba más tiempo a esos altos niveles de crecimiento.

Llegados a este punto, es lógico que nos asalte una serie de dudas como ¿afecta el entrenamiento a la velocidad de crecimiento del VO_2 ? ¿le influye de igual manera en todas las etapas de la vida?. La verdad es que resulta difícil dar una respuesta tajante y científicamente fundamentada.

Mirwal et al. (1981) estudiaron 14 niños inactivos y 11 niños activos con edades entre 7 y 17 años, observando que la velocidad de incremento es mayor en los niños activos que en los niños inactivos, comprobando además que el incremento acelerado del VO_2 máx. se mantuvo por un período más prolongado.

Respecto a la segunda duda, saber si la mejora de la velocidad aparece en todas las edades, las conclusiones de los trabajos parecen contradictorias. Kobayoshi et al. (1978) analizó tres grupos de niños de

diferentes edades:

- G.1 se componía de 7 chicos involucrados en actividades moderadas de resistencia, los cuales fueron estudiados entre los 9-10 años y los 15-16 años.

- G.2 era un grupo de control de 43 chicos que fueron estudiados desde los 12-13 años y los 17-18 años.

- G.3 incluía a 6 corredores de media distancia altamente entrenados y que fueron estudiados entre los 14 y los 17 años de edad.

Los cambios observados en la velocidad de mejora del VO_2 mostraban un efecto relativamente pequeño del entrenamiento físico hasta un año antes de la edad de P.H.V., pero un gran efecto después de esta edad. Otras investigaciones como la realizada por Tijvinski (cfr. por Fillin-1989) parecen ratificar este tipo de afirmación, tal y como demuestran los datos de la siguiente tabla:

Tabla 196. Diferencias de VO_2 máximo (litros/minuto) en valores absolutos entre sujetos entrenados y no entrenados de diferentes edades y sexo.

SEXO/EDAD	8-9 a.	10-11 a.	12-13 a.	14-15 a.
HOMBRES				
E.	1.49	1.71	2.22	2.70
N.E.	1.53	1.66	1.70	2.30
MUJERES				
E.	1.34	1.53	1.97	2.22
N.E.	1.02	1.28	1.51	1.72

E = entrenados; NE = no entrenados; Incrementos del VO_2 .

Sin embargo, hay varias investigaciones que no presentan las mismas conclusiones (Cunnighan y Weber), lo que nos obliga a ser prudentes a la hora de manejar este tipo de hipótesis. No obstante, personalmente y de forma empírica nos inclinamos hacia el primer tipo de argumentos.

Otro aspecto importante a considerar sería el ser capaces de discriminar entre las mejoras de la capacidad aeróbica que se encuentran afectadas por el entrenamiento y cuáles son debidas a las transformaciones propias de la edad y el crecimiento. Wells (1988) en una revisión sobre el tema llega a las siguientes conclusiones marcadas en la siguiente tabla.

Modificaciones de diferentes variables fisiológicas relacionadas con la resistencia

Variable	Edad/Crecimiento	Entrenamiento
Volumen de sangre	↑	↑
Hemoglobina Total	↑	↑ ligero
Concentración Hemoglobina	↑	=
Frecuencia Cardíaca	↓	Submáxima ↓
Volumen Sistólico	Submáximo ↑	Submáximo ↑
	Máximo ↑	Máximo ↑
Ventilación (V_E Max)(l/min)	↑	↑
Ventilación (V_E Max)(l/min)	=	?
Flujo Sanguíneo Muscular	↓	=
Diferencia (a-v O_2)	↓	Submáxima =
Reservas de Glucógeno	↑	↑
Actividad de Enzimas Oxidativas	?	↑
Mitocondrias	?	↑

Bar-Or (1983) encontró que el entrenamiento de resistencia de orientación aeróbica no aumenta el número, el tamaño y la funcionalidad de las mitocondrias en niños prepúberes. No obstante, pudo comprobarse que sí mejoraba la actividad enzimática oxidativa, fundamentalmente la succinato deshidrogenasa, la citocromo oxidasa y la palmitil CoA., lo que permitía contrarrestar el efecto anterior en aras de mejorar el rendimiento. También Ekblom (1969), al estudiar el efecto de 32 meses de entrenamiento sobre siete niños de 11 años, comprobó que el incremento del 7% observado en el VO_2 máx. no se diferenciaba del encontrado en un grupo de control de similares características que no fue sometido a un entrenamiento sistemático durante el mismo espacio de tiempo.

Pero ¿qué conclusión podemos sacar como profesionales de la actividad física y el deporte?

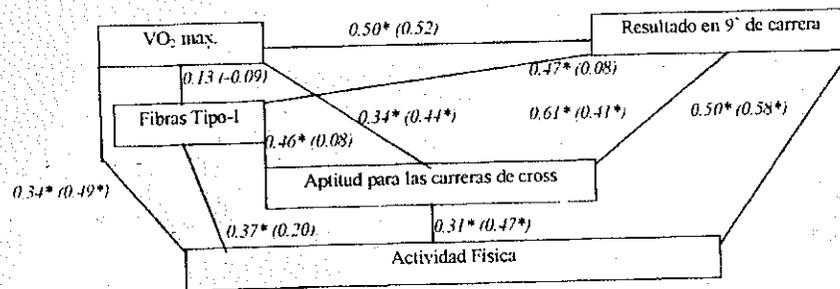
La más importante es que si queremos obtener un efecto máximo para alcanzar elevados niveles de VO_2 máx., debemos someter al futuro deportista a un entrenamiento racional desde edades tempranas. Sady (1986) corrobora este tipo de afirmación, en la que se reafirma en que existe una edad crítica antes de la cual el niño es menos entrenable que el adulto y todo parece indicar que este período corresponde a la aceleración en el crecimiento puberal.

No obstante, hemos de prestar especial atención al error que puede suponer el analizar el VO_2 máximo en sus valores absolutos. Si pasamos a un análisis del VO_2 máximo en valores relativos (ml./kg./min) podemos comprobar que se alcanza un 90% de los valores máximos a la edad de 5 años, llegando al 100% sobre los 8 a 10 años. Según Falk y Bar-Or (1993), confirmando los datos aportados por Sprynarova et al. (1987), Kemper et al. (1989), Krahebuhl et al. (1989) y Van Eynden et al. (1988), entre los 6-16 años de edad los valores relativos de VO_2 máximo se mantienen inalterados en los chicos y disminuyendo en las chicas al final de este período. Sólo en los trabajos de Kobayashi et al. (1978) y Paterson et al. (1978) se muestran incrementos del VO_2 máximo (relativo) durante la adolescencia.

En el caso de las mujeres después de la pubertad se inicia un lento deterioro de VO_2 máximo relativo, lo que parece no presentarse entre los hombres desde edades tempranas. Sin embargo, no podemos olvidar que tras la pubertad las mujeres aumentan considerablemente los depósitos de grasa, por lo que, si consideramos el VO_2 máximo en relación con la masa muscular, comprobaremos que las diferencias en su pérdida no son significativas.

Esto podría explicarnos esos casos típicos de fondistas femeninas que presentan un proceso de estancamiento o incluso empeoramiento de su capacidad de rendimiento al final de la pubertad. No obstante, este fenómeno no siempre aparece de forma acentuada entre las mujeres.

Relación entre el VO_2 máximo (ml/kg/min), carrera de 9', aptitud para el cross, % de fibras tipo-I y actividad física en niños (64) y niñas (42) (Jansson y Hedberg-1991).



Nota: Los datos en paréntesis corresponden a mujeres y la cifra anterior a los hombres.

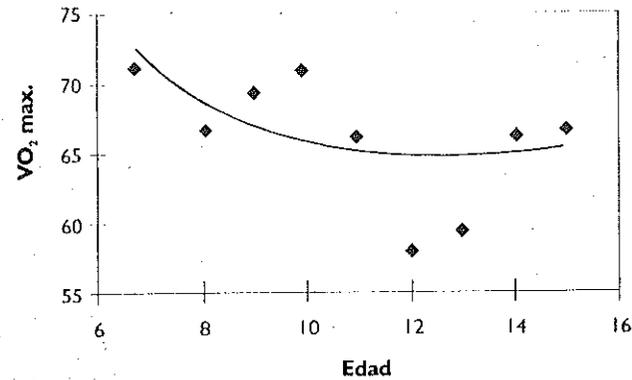
Tal y como se ha señalado anteriormente, el VO_2 máximo es un factor que nos determina la capacidad aeróbica del sujeto y ésta le permitirá hacer esfuerzos muy prolongados pero de baja intensidad. En el momento en el que queramos obtener rendimiento en pruebas de resistencia de mayor intensidad, el parámetro determinante será el punto en que se encuentre el Umbral Anaeróbico. Como ya indicamos anteriormente, el Umbral Anaeróbico se define como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido (Wasserman 1967). Para algunos autores este parámetro es mucho más influenciado a través del entrenamiento. Así Zintl (1991) habla de mejoras de entre un 50-70%, logradas con el entrenamiento.

Los niños, respecto a su tamaño, presentan una mayor capacidad respiratoria que los adultos, igual que ocurre con algunas enzimas. Así como una mejor adaptación del metabolismo oxidativo. Como ejemplo y reforzando lo ya explicado, vemos que la actividad de la Succinato-deshidrogenasa (SDH), importante enzima oxidativa, en el músculo esquelético de los niños de 11 años es mayor que en adultos no entrenados (Eriksson-1973).

Gumilski (1977 cfr. Fillin) publica un estudio en el que se observa la variación del umbral anaeróbico con la edad, demostrando que el valor de este parámetro fisiológico se encuentra muy elevado durante la infancia, disminuyendo progresivamente con la edad hasta alcanzar sus valores más bajos durante la pubertad. Esta situación demuestra la excelente predisposición del metabolismo oxidativo de los niños durante su infancia, siendo éste el sustento energético fundamental de las tareas físicas que se realizan a estas edades.

Evolución del Umbral Anaeróbico respecto al VO_2 máximo en relación con la edad.

EDAD	U. AN. vs. VO_2 máx. (%)
7	71.2%
8	67.4%
9	70.4%
10	71.3%
11	66.1%
12	57.6%
13	58.8%
14	66.2%
15	67.2%



Porcentaje del VO₂ máx. en que se sitúa el umbral anaeróbico en función de la edad.

Atomi et al. (1986), Weymans et al. (1985) y Kanaley y Boileau (1988) confirman este hecho. Kanaley y Boileau (1988) afirman que la fracción del VO₂ con que se corresponde en Umbral Anaeróbico es de un 68.6% en niños por un 58.5% en adultos. Este porcentaje que se observa en los niños estudiados equivalía a una frecuencia cardíaca entre 150-160 p/m. Massicotte (1974), por su parte, sitúa ese valor de la FC aún más alto (170-180 p/m). Atomi et al. (1986) encontraron que el umbral anaeróbico (punto de inflexión del lactato en relación con la intensidad del esfuerzo), a la edad de 10.3 años, se sitúa en 36.7 ml/kg/min (1.6 mmol/l), lo que representa un 71.7% (+/-1.7) del VO₂ máximo, mientras que a los 11.8 años de edad se sitúa en 63.7% (+/-1.8). Weymans et al. (1985) encontraron que el umbral anaeróbico (medido por parámetros ventilatorios) se encuentra al 72.3% (+/-6.4) a la edad de 6 años, en el 67.4% (+/-8.8) a la edad de 11 años y en el 62.3% (+/-8.0) a la edad de 14 años.

La utilización del criterio de 4 mmol/l de concentración plasmática de ácido láctico se ha revelado como ineficaz, ya que nunca los niños alcanzan esos valores con predominio aeróbico. Williams et al. (1990) encontraron que esas concentraciones de lactato plasmático se alcanzaban al 91% (+/-6.8) del VO₂ máx., datos que coinciden con los encontrados por Fernhall et al. (1996). El ya citado trabajo de Williams et al. (1990) muestra que el 34% de los chicos y el 12% de las niñas no alcanzan los 4 mmol/l en el valor máximo de consumo de oxígeno. Pfitzinger y Freedson (1997) sugieren que la concentra-

ción de 2.0-2.5 mmol/l es un valor más apropiado para utilizar en niños, aunque consideramos que tampoco resulta un criterio ideal que se encuentra demasiado sujeto a las variaciones propias de la maduración. Sin embargo, algunos trabajos no coinciden en los datos aportados, así la intensidad de trabajo en la que el niño es capaz de mantener estable la concentración plasmática de lactato (máximo lactato en estado estable), fue determinada, en cicloergómetro, por Heck et al. (1987) en 4.06 (+/-0.93) mmol/L.

En general, los niños parecen tener un Umbral Anaeróbico más alto que las niñas. Por el contrario, en niños altamente entrenados, este valor no sólo no disminuye con la edad, sino que puede mejorarse con el entrenamiento. Este factor se ve alterado por el aumento de la capacidad oxidativa. Fenómenos de estas características explican que, durante la pubertad, sujetos no muy entrenados no mejoren su potencial ante esfuerzos intensos de carácter aeróbico a pesar de mejorar su capacidad de VO₂, especialmente cuando hacemos referencia a las mujeres.

Evolución de la potencia aeróbica con la edad.

POTENCIA AEROBICA (WATIOS/KILOS)		
EDAD	HOMBRES	MUJERES
8 a.	3.55	3.15
9 a.	3.75	3.10
10 a.	3.90	3.07
11 a.	3.75	3.00
12 a.	3.55	2.95
13 a.	3.40	2.90
14 a.	3.50	2.80
14.4 a.	3.86	2.74
15.5 a.	3.91	3.36
16.5 a.	4.50	3.33
17.7 a.	3.31	2.40

Fuente: Bar-Or (1983); Blinkie y Roche (1986).

Esto nos lleva a pensar que la pubertad es un momento crítico para alcanzar y mejorar el potencial aeróbico y de resistencia de los sujetos si no se emplean los estímulos de cargas correspondientes.

Sin embargo y paradójicamente, a pesar de existir una disminución en los valores de umbral anaeróbico, esta etapa puberal se caracteriza

porque el sujeto se encuentra en un período de fase sensible que implica una mayor receptividad a los estímulos a que se le está sometiendo, lo cual nos indica que es una fase óptima para la obtención de buenos rendimientos.

Metabolismo Anaeróbico. Tal y como ya vimos, un parámetro indicador del potencial del metabolismo anaeróbico son los cambios de producción de ácido láctico máximo que es capaz de alcanzar el sujeto con la ejecución de un esfuerzo supramáximo. En este sentido, algunos estudios con niños demuestran una estrecha vinculación entre la capacidad de producir ácido láctico y la maduración sexual de los mismos, aunque este tema resulta controvertido tal y como vemos a continuación.

Producción máxima de lactato en niños.

PRODUCCIÓN APROXIMADA DE LACTATO EN NIÑOS	
4 a 6 años	3-6 mmol/l
6 a 9 años	4-8 mmol/l
15 años	6-14 mmol/l

Fuente: Cerani (1993)

Los menores niveles de testosterona infantil comportan una alta capacidad oxidativa en comparación con la glucolítica (Bass et al.-1971; Dux et al.-1982). Krotkiewski (1980) demostró con ratas que la producción de ácido láctico está directamente relacionada con la tasa circulante de testosterona. Otros estudios de Dux (1971 y 1979) con animales llegan a similares conclusiones. Los estudios realizados con humanos evidencian que la relación entre los niveles de testosterona y la respuesta plasmática de ácido láctico presentan contradicciones y dificultades en la interpretación.

Según algunos trabajos, en el niño, la tasa plasmática de ácido láctico está correlacionada con el volumen testicular (Eriksson et al. 1971) y con la concentración de testosterona salivar (Fellmann et al. 1988). Mero (1988) también observó la existencia de una correlación altamente significativa entre la concentración plasmática de testosterona y el pico máximo de lactato que puede alcanzar un niño.

Por el contrario, otros trabajos como los de Falgairrette et al. (1989) presentan resultados contradictorios, de forma que en el primero de

ellos no encuentra correlación entre la determinación del umbral láctico y los niveles de testosterona salivar en niños de 12 años. Por el contrario, los trabajos de Williams y Armstrong (1994), Welsman et al. (1994) y Paterson y Cunningham (1985) y Patterson et al. (1986) llegan a la conclusión que los niveles de lactato plasmático máximo y submáximo son independientes de la maduración sexual, algo que Bar-Or (1983) ya advirtió al expresar que hoy en día es prematuro sugerir que la tasa de glucólisis y, en consecuencia, la capacidad de producir lactato está directamente relacionada con los niveles de testosterona circulante.

Imbar y Bar-Or (1986) afirman que el potencial anaeróbico de los niños se debe en parte a los bajos niveles de acidosis que se alcanzan con el ejercicio intenso. Este posicionamiento también es aceptado por Matejkova et al. (1980), los cuales observaron una disminución del pH de 0.01 a 0.02 unidades por año entre los 8 y los 18 años de edad.

El trabajo de Williams y Armstrong (1991), anteriormente referenciado, fue realizado con 100 niños y 91 niñas de 11 a 16 años de edad, encontrando que no existía una relación directa y significativa entre la concentración de lactato y la edad biológica (estadio de Tanner de maduración sexual) o la edad cronológica. Para los niños, los niveles de lactato a VO₂ máximo fueron de 5.3, 5.0, 4.8 y 5.8 mmol/L, para estadios de Tanner de la 5, mientras que en las niñas los valores fueron de 5.8, 5.7, 6.6 y 5.7 mmol/L.

Según Cerani (1993), los problemas que presentan los niños en su metabolismo anaeróbico pueden deberse a la limitada actividad enzimática de esa vía energética (Glucógenofosforilasa, PFK y LDH). Este nivel de maduración del sistema endocrino incide sobre el nivel potencial de los niños a enfrentarse a esfuerzos de tipo anaeróbico. Las principales enzimas de esta vía energética aparecen en menor cantidad y a la vez son menos activas. La actividad de la fosfofructokinasa (PFK), en niños de 11-13 años es entre un 30-50% menos activa que en adultos.

Fournier et al. (1982) encontraron valores inferiores de PFK en niños de 12 años que en adolescentes de 16-17 años. Datos similares fueron encontrados por Berg y Keul (1988); la alta actividad enzimática para la resíntesis del ATP y el sistema glucolítico (CK, ALD, PHI, PK y

LDH) no ocurre antes de los 12-14 años. No obstante, algunos autores (Gürtler et al. 1979 cfr. Weinek 1994) afirman que, mediante el entrenamiento específico y prolongado, el niño puede registrar valores de lactato plasmático similares a los del adulto, aunque reconocen lo inadecuado de este tipo de entrenamiento para estas edades, al tener una tasa de eliminación muy inferior a la del adulto.

Por el contrario, Haralambie (1982) no encuentra diferencias estadísticamente significativas entre diferentes enzimas glucolíticas de niños (13-15 a.) y adultos. Este estudio encuentra valores de 38.6 (+/-4.4 U.I.) para la PFK de los niños, frente a 45.5 (+/-10.9 U.I.) de los adultos, aunque sí encuentra una mejor adaptación de las enzimas oxidativas, lo que sugiere que el grupo de niños analizados posee una similar capacidad anaeróbica, pero una mejor adaptación aeróbica.

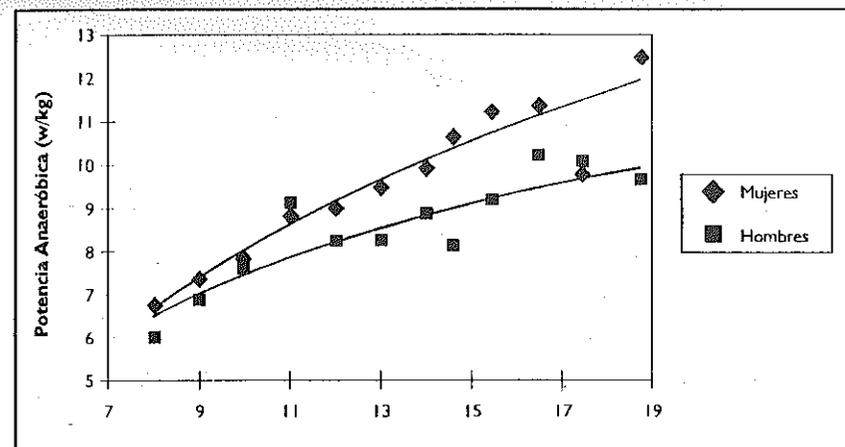
Pero relativamente pocos estudios se han realizado sobre el desarrollo de la capacidad anaeróbica en niños o adolescentes... Kurowski (1979), Blimkie et al. (1988), Vandewalle et al., Roche y Bar-Or (1986). Las investigaciones de Bar-Or apuntan que la capacidad anaeróbica absoluta de un niño de 8 años es de un 45-50% del valor de un niño de 14 años, mientras que la capacidad relativa está alrededor al 65-70%.

Blimkie, Roche y Bar-Or (1986) midieron la potencia anaeróbica de los niños a través de la utilización del test Wingate en vatios/kilo, ampliando así los datos que obtuvo Bar-Or en 1983 y obteniendo los siguientes valores.

Criellard et al. (1986) también estudiaron la capacidad de trabajo

Resultados de un test de potencia anaeróbica (Wingate) realizado con niños de diferentes edades

EDAD	HOMBRES	MUJERES
8	6.75	5.90
9	7.40	6.90
10	8.00	7.85
11	9.00	9.25
12	9.25	8.30
13	9.60	8.30
14	9.90	9.00
14.5	10.59	8.13
15.5	11.20	9.44
16.5	11.36	10.37
17.5	10.15	10.35
18.8	12.54	9.85



Evolución de la capacidad anaeróbica con la edad en niños y niñas entre los 8 y los 18.8 años.

anaeróbico en cicloergómetro y el funcionamiento del metabolismo anaeróbico en 37 niños de edades entre los 11 y los 17 años de edad, con los siguientes resultados:

Grupo / Variable	G1	G2	G3
Edad	12.3 (+/- 6 meses)	14.2 (+/- 5 meses)	16.3 (+/- 7 meses)
Duración (segundos)	47.2 (+/- 7.3)	55.9 (+/- 10.8)	76.8 (+/- 16.8)
Capacidad Anaeróbica Láctica (julios)	8.247 (+/- 914)	15.041 (+/- 3.101)	21.832 (+/- 3.890)
Capacidad Anaeróbica Láctica (j/kg)	189.7 (+/- 31.9)	262.2 (+/- 52.5)	345.6 (+/- 69)
Ácido láctico (mmol/l)	7.2 (+/- 1.1)	9.3 (+/- 1.7)	11.2 (+/- 1.4)

Fuente: Criellard et al. (1986).

Todas estas aportaciones vienen a corroborar que, biológicamente, el niño o el joven tiene una menor capacidad glucolítica, es decir, está menos adaptado para esfuerzos anaeróbicos que el adulto. La tolerancia a la acidosis metabólica durante la edad parece aumentar de 0.01 a 0.02 unidades de pH/año de crecimiento (Gaisl y Buchberger 1977; Matejkova et al. 1980). Algunos autores, como es el caso de Mercier et al. (1992), sugieren que otros factores indeterminados (bioquímicos, hormonales, etc.), que unidos al aumento de la masa magra, determinan la mejora de la capacidad anaeróbica de los niños. Sin embargo, entendemos que no se puede decir de forma tan tajante que no se conocen esas causas colaterales, pues como ya se demuestra anteriormente, diversos estudios aportan datos suficientes, aunque en ocasiones contradictorios, para confirmar determinadas hipótesis.

Entrenamiento de Resistencia Aeróbica. Hechas estas reflexiones, ahora nos queda ver de qué manera nosotros podemos alterar estos factores a través del entrenamiento. Chanon (1970) señala que "el organismo del niño y del adolescente está en condiciones, sin peligro de lesionarse, de soportar un entrenamiento de resistencia completo y correctamente dosificado, según los principios del método llamado de resistencia". Constituye un excelente tipo de carga física que desarrolla y garantiza el perfecto estado de los sistemas de aporte de oxígeno (respiratorio, cardiovascular y de utilización del oxígeno fundamentalmente) y de aporte energético, ya que en la actualidad, los estudios realizados entre las poblaciones infantiles de las sociedades más desarrolladas demuestran un claro déficit de actividades que requieran ciertos niveles de actividad física. Atomi et al. (1986) demostraron, mediante el uso de cardiotacómetros, que los niños de 12-13 años pasan (de un total de 12 horas) un 1.8% las niñas y un 2.6% los niños con FC superiores a las 159 p/m, a la vez que el 85% de las niñas y el 70% de los niños no realizan más de 20 minutos de ejercicio al día con intensidades del 70% del VO_2 máx. o superiores.

Si bien es cierto que todo depende del deporte que queramos entrenar y de la importancia que la cualidad tenga dentro del mismo, podemos presentar una serie de aspectos básicos sobre el trabajo de resistencia de media y larga duración.

a) Se necesitan de 4 a 6 semanas de entrenamiento aeróbico 2-3 veces por semana para conseguir una disminución de la FC y una economía del sistema cardiovascular (Hollmann y Hettinger-1980). Un mínimo de 6 semanas es lo que propone Brown-1972 para encontrar beneficios significativos, aunque en ocasiones podría resultar un tiempo demasiado corto para apreciar las adaptaciones deseadas, dependiendo en gran medida de la densidad de entrenamiento y el volumen e intensidad del mismo.

b) Para conseguir modificaciones funcionales se necesitan de 10 a 12 semanas. Shepard-1992 sugiere 12-16 semanas, un 15% más que para personas adultas.

c) La intensidad idónea de carga es la que corresponde al 60-70% del VO_2 (60-90% de la reserva cardíaca). Kemper (1988) señala que el 70% de intensidad corresponde a una FC de 180 p.m. menos la edad biológica. Massicotte y MacNab (1974) sugieren que la FC de

170-180 p/m es necesaria para conseguir ganancias en la potencia aeróbica (umbral anaeróbico) de niños entre 11-13 años.

Savage et al. (1987) determinaron los efectos de la intensidad del ejercicio y la edad, sobre la respuesta cardiorespiratoria al entrenamiento. Para ello se utilizaron dos muestras de sujetos prepúberes y adultos, divididos en tres subgrupos: de control (10 sujetos); bajo (8 sujetos) y alto (12 sujetos) nivel de entrenamiento. Los de bajo nivel trabajaban a un 40% del VO_2 máx. y los de alto nivel lo hacían al 75% del VO_2 máx. Estos individuos fueron sometidos a un entrenamiento de 10 semanas.

El incremento del VO_2 máx. en valores relativos no varió significativamente para los jóvenes independientemente del tipo de entrenamiento que realizaron. Por contra, en los sujetos adultos, los mayores incrementos se alcanzaron en el grupo que entrenaba a mayor intensidad.

Efecto de 10 semanas de entrenamiento de resistencia de diferente intensidad en la el VO_2 máx. tres grupos de niños.

	GRUPO DE ENTRENAMIENTO					
	INTENSIDAD BAJA		INTENSIDAD ALTA		CONTROL	
	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
	S		S		S	
Niños	52.2 (3.2)	54.6 (6.7)	55.9 (3.9)	58.5 (7.3)	57.0 (6.3)	55.7 (7.1)
Adultos	37.4 (3.7)	38.4 (3.5)	43.2 (3.6)	46.6 (4.7)	44.6 (2.8)	44.1 (7.3)

Savage (1987)

d) Nunca es pronto para iniciarse en la práctica de ejercicios aeróbicos, ya que no se presentan contraindicaciones graves si se respetan los niveles de carga adecuados a la edad y condición del sujeto. No debe preocuparnos el que la frecuencia cardíaca llegue a valores superiores a 180-190 p/m. entre los más jóvenes, sobre todo en las chicas, si por el contrario, vemos que corren con facilidad.

En este apartado no deja de tener importancia el aspecto agonístico que tiene el entrenamiento de resistencia. La monotonía es un gran escollo que debe tratar de superar el educador físico.

e) El inicio de un entrenamiento de orientación específica nunca deberá comenzar antes de los 12 años. Por regla general, se precisa un período de 4 años de adaptación hacia el entrenamiento de resisten-

cia, 4 a 5 años más para lograr alcanzar rendimientos a nivel nacional y otros 4 años para obtener registros a nivel internacional.

f) Una progresión idónea del volumen de entrenamiento para un futuro fondista podría ser la siguiente:

EDAD	SES./SEM	KM./SEM
12	2-3	10-12
13	3	15-20
14	3-4	20-25
15	4	25-35
16	4-5	35-50
17-18	5-6	50-70

Progresión tipo del volumen de entrenamiento de resistencia en niños.

Volkov y Filin (1989) proponen los siguientes valores para el entrenamiento de un futuro mediofondista que inicia sus entrenamientos desde edades tempranas:

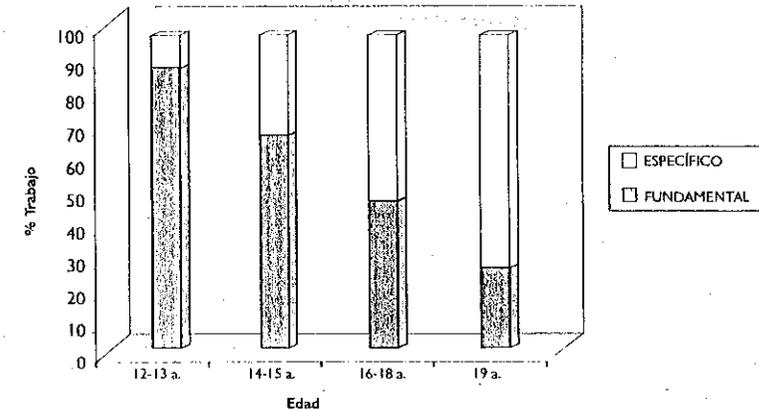
Volumen de entrenamiento de resistencia según la edad del sujeto, para cada semana, mes y año de entrenamiento.

EDAD	Resistencia General			Resistencia Especial		
	SEMANA	MES	AÑO	SEMANA	MES	AÑO
12-14	30-40	120-140	1000	--	--	--
15-16	50-60	200-220	2200	--	--	220
17-18	90-100	360-480	3500	--	--	310

Pusike y Nurmekivi (1986) hacen la siguiente propuesta:

Periodo Preparatorio (12-14 años)	
Volumen Semanal	Kilometraje Anual
30-40 km	900-1.000 km de resistencia general
Periodo de Especialización-1º	
50-60 km	2.200 km de resistencia general 220 km de resistencia especial
Periodo de Especialización-2º	
90-100 km	3.500 km de resistencia general 310 km de resistencia especial

Porcentajes de trabajo general y especial en función de la edad en corredores de fondo.



Valores similares propone el polaco Raczek (1989) para corredores de medio fondo, dando la siguiente distribución por zonas de intensidad:

Volumen de trabajo de los diferentes tipos de resistencia para cada edad, con el objetivo de formar un corredor de fondo.

EDAD	VOLUMEN	RA-1	RA-2	RA-3	R.R.	VEL.	C.SAL.
13	400-600	400-600	--	--	--	--	--
14	1100-1200	790-900	160-235	--	--	40-50	10-15
15	1400-1600	1060-1160	235-315	30-35	--	60-70	15-20
16	1800-2000	1360-1400	295-510	35-40	20-30	60-70	20-40
17	2200-2400	1520-1600	365-545	65-75	40-50	70-80	40-50
18	2400-2800	1660-1800	420-600	100-120	70-90	75-90	75-90
19	1600-3000	1710-1850	500-680	130-150	100-120	80-100	80-100

HOMBRES

EDAD	VOLUMEN	RA-1	RA-2	RA-3	R.R.	VEL.	C.SAL.
13	600-800	570-750	--	--	--	30-50	--
14	1000-1200	700-900	150-235	--	--	40-50	10-15
15	1600-1800	1100-1200	275-440	50-70	--	60-70	15-20
16	2000-2200	1320-1400	500-550	80-100	20-40	60-70	20-40
17	2400-2600	1420-1450	650-730	150-200	70-90	70-80	40-50
18	2400-3000	1400-1550	700-800	250-350	100-120	75-90	75-90
19	2800-3500	1710-1750	740-1000	300-300	150-200	80-100	80-100

Donde RA1 corresponde a carrera prolongada de baja intensidad (130-150 p/m);

RA2 corresponde a carrera prolongada de media intensidad (150-180 p/m);

RA3 corresponde a carrera continua de alta intensidad (170-190 p/m);

RR corresponde a esfuerzos entre 1º a 8º (180-200 p/m/7-10 mmol/l lactato);

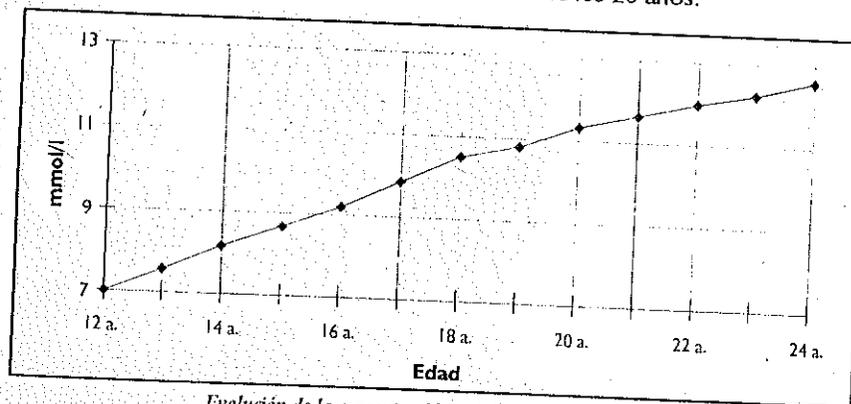
VEL. corresponde al entrenamiento de velocidad;

C.SAL. corresponde a cantidad de saltos.

Entrenamiento de Resistencia Anaeróbica. Otra manifestación clásica de resistencia, tal y como ya vimos anteriormente, es aquella que nos permite soportar esfuerzos muy intensos de mediana duración (30" a 120"). Este tipo de resistencia es el que viene determinado por la glucólisis anaeróbica.

Con el entrenamiento de orientación anaeróbica se pueden alcanzar, en los niños, tasas máximas de concentración de ácido láctico superiores a los que puede alcanzar un sujeto sedentario. Sin embargo, Eriksson et al. (1974) encuentran que los niveles y actividad de la PFK de niños de 11 años entrenados es menor (30%) que la de sujetos adultos sedentarios.

La progresión en la producción máxima de lactato con la edad aumenta linealmente desde los 10 años (aproximadamente 5 mmol/litro) hasta la adolescencia, fase esta de la vida en la que se empieza a estabilizar alcanzando su máximo alrededor de los 20 años.



Evolución de la concentración máxima de ácido láctico con la edad.

Pero, cuidado, nosotros debemos tener presente el siguiente aspecto. Para producir la misma cantidad de lactato que un adulto, un niño produce una liberación de catecolaminas¹ 10 veces superior, lo que supone someter al sujeto a altos niveles de estrés. Por otro lado, la eliminación del ácido láctico producido se hace más lenta en jóvenes. Todo esto hace recomendable no someter al niño a demasiadas cargas de tipo anaeróbico, ya que las mismas son mal toleradas por su organismo.

¹ Diferentes estudios (Jansson et al. 1986; Greenhaft et al. 1991) sugieren que en el hombre, igual que en animales, la adrenalina favorece la formación de lactato en el músculo que trabaja.

Vemos por lo tanto, que la edad influye en el carácter de los procesos de recuperación tras cargas de elevada intensidad. Si bien es cierto que en los primeros momentos la recuperación es más rápida e intensa que en los sujetos adultos, a largo plazo la recuperación es menor e incompleta. Algunos autores (Bakhrakh-1966 cfr. Fillin-1989) relacionan los procesos recuperatorios con los ritmos individuales de desarrollo sexual, lo que en cierta medida confirma lo que antes señalamos, de forma que los adolescentes durante la pubertad empeoran los procesos de recuperación.

La edad idónea para iniciarse en el entrenamiento anaeróbico es la que se corresponde con el inicio de la pubertad, para 4-5 años después estar en condiciones de asimilar con máxima eficacia entrenamientos iguales a los de sujetos adultos. Pisuke y Nurmekivi (1986) afirman que "la capacidad de trabajo anaeróbico de los jóvenes atletas es mucho menor si se le compara con su capacidad aeróbica. De todos modos, debe ponerse énfasis en el hecho de que puede ser desarrollada considerablemente a través del entrenamiento, pues el organismo reacciona extremadamente bien al estímulo anaeróbico entre los 14 y los 18 años de edad. En este lapso, los resultados del entrenamiento pueden ser más efectivos que en cualquier otra etapa de la vida.

BIBLIOGRAFÍA.

Atomi, Y., Hatta, H., Miyashita, M., Yamamoto, Y., Iwaoka, K. **Daily physical activity levels in preadolescent boys related to VO₂ max. and lactate threshold.** European Journal Applied Physiology. 55(2): 156-161. (1986).

Bar-Or, O. **Pediatric sports medicine for the practitioner. From physiological principles to clinical Applications.** New York: Springer-Verlag, Inc. (1983).

Bass, A., Gultmann, E., Hanzikova, V., Syrový, I. **Sexual differentiation of enzyme pattern and its conversion by testosterone in the temporal muscle of the guinea-pig.** Physiologica BohemesLOVACA. 20:423-431. (1971).

Blimkie, C. **Resistance training during preadolescence. Issues and controversies.** Sports Medicine. 15 (6): 389-407. (1993).

Blimkie, C.-J.-R; Roche, P; Bar-Or, O. **The anaerobic-to-aerobic power ratio in adolescent boys and girls.** Rutenfranz, J. (ed.) et al., Children and exercise XII, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, 31-37 Refs:16. (1986).

Bouchard, C., Boulay, MR, Simoneau, JA., Lortie, G., Pérruse, L. **Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performances. An uptake.** Sports Medicine. 5:69-73.(1988).

Brown, CH. **The effects of cross-country running on preadolescent girls.** Med. Scienc. in Sports. 4pp1-5. (1972).

Bunc, V. **Aspectos fisiológicos de la identificación de talentos para las carreras de resistencia.** Cuadernos de Atletismo. Seminario Internacional A.E.A. - 1994. 34: 21-27. (1994).

Cerani, J.D. **El entrenamiento de la resistencia en niños y jóvenes.** Sport y Medicina. Marzo-Abril:20-32. (1993).

Chanon, R. **Los niños y la carrera.** Hojas de Divulgación. Atletismo Español. 85: 18-21. (1970).

Cooper, DM., Berry, C., Lamarra, N. **Kinetics of oxygen uptake and heart rate at onset of exercise in children.** Journal Applied Physiology. 59:211-217. (1985).

Criellard, JM., Pirnay, F., Franchimont, P. **Crissance et exercise anaerobie lactique.** En Beneziz, Simeray y Simon: "L'enfant, l'adolescent et le sport". Paris. Masson. 35-51. (1986).

Cunningham, DA., Paterson, DH., Blimkie, CJR. **The development of the cardiorespiratory system with growth and physical activity.** Advances in Peiatric Sport Science. 1. Biological Sciences. Champaign. Human Kinetics. (1984).

Dux, L., Dux, E., Guba, F. **Further data on the androgenic dependency of the skeletal musculature: The effect of prepubertal castration on the structural development of the skeletal muscles of the rat.** Horm. Metab. Res. 14: 191-194. (1982).

Dux, L., Dux, E., Mazareau, H., Guba, F. **A non-neural regulatory effect on the metabolic differentiation on the skeletal muscle: Effect of castration and testosterone administration on the skeletal muscles of the rat.** Comp. Biochem. Physiol. 64A: 177-183. (1979).

Eklblom, B. **Effect of physical training in adolescent boys.** Journal Apllyed Physiol.27(3): 350-355. (1969).

Eriksson, BO. **Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year-old boys.** Acta Physiol. Scandinavica. Supp. 384. (1972).

Eriksson, BO., Gollnick PD., Saltin, B. **Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old.** Acta Physiologi Scandinavica. 87:485-497. (1973).

Eriksson, BO., Gollnick, PD., Saltin, B. **The effect of physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11-year old boys.** Acta Paediatric Belgian Suppl. 28:245-252. (1974).

Eriksson, BO., Grimby, G., Saltin, B. **Cardiac output and arterial blood gases during exercise in pubertal boys.** Journal Applied Physiology. 31:348-352. (1971).

Eriksson, BO; Karlsson, J; Saltin, B. **Muscle metabolites during exercise in pubertal boys.** Acta Physiol. Scandinavica. 217: 154-157(1971).

Falgairrett, G. Van Praagh, E. Fellmann, N. Bedu, M., Spielvogel, H., Coudert, J. **Effect of high-altitude chronic hypoxia on lactate and ventilatory thresholds in healthy young boys.** En Children and Exercise XIII. Edit. Oseid y Carlsen. Champaign (Il). Human Kinetics. 145-154. (1989).

Falk, B., Bar-Or, O. **Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumpubertal boys.** Pediatric Exercise Science. 5:318-331. (1993).

Fellmann, N; Bedu, M.; Spielvogel, H.; Falgairrette, G.; Van Praagh, E.; Jarrige, J.; Coubert, J. **Anaerobic metabolism during pubertal development at high altitude.** Journal Applied Physiol. 64:1382-1386. (1988).

Fernhall, B., Kohrt, W., Burkett, LN., Walters, S. **Relationship between the lactate treshold and cross-country run performance in high school male and female runners.** Pediatric Exercise Science. 8:37-47. (1996).

Fournier, -M; Ricci, -J; Taylor, -A.-W; Ferguson, -R.-J; Montpetit, -R.-R. **Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining.** Medicine-and-science-in-sports-and-exercise-14(6):453-456 Refs:26.(1982).

Gails, G.; Buchberger, J. **The significance of stress acidosis in judging the physical working capacity of boys aged 11 to 15.** En *Frontiers of activity and child health*. De. Lavalley y Shephard. Quebec 161-168. (1977).

Haralambie, G. **Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 year old adolescents.** *Bulletin European Physiopatology Resp.* 18:65-74. (1982).

Heck, H., Reinhardt, G., Mader, A., Hollmann, W. **Maximal lactate steady state and lactate threshold in children.** H. Riecker (Edic.). Heidelberg. Springer-Verlag. 482-487. (1987).

Hollmann, W., Hettinger, T. **Sportmedizin-Arbeits-und traingsgrundlagen.** 2ª Edic. Stuttgart. Schattauer Verlag. (1980).

Inbar, O., Bar-Or, O. **Anaerobic characteristics in male children and adolescents.** *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 18 (3):264-269. (1986).

Kanaley, J.A. y col. **The onset of the anaerobic threshold at three stages of physical maturity.** *Journal Sport Med.* 28pp367-374. (1988).

Kemper, HC., Verschuur, R., Mey, L. **Longitudinal changes of aerobic fitness in youth ages 12-23.** *Pediatric Exercise Science.* 1:257-270. (1989).

Kobayashi, K., Kitamura, M., Miura, H., Sodeyama, Y., Murase, M., Miyashita, M., Matsui, H. **Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: A longitudinal study.** *Journal of Applied Physiology,* 44: 666-672. (1978).

Krahenbuhl, GS; Skinner, JS; Kohrt, WM. **Development aspects of maximal aerobic power in children.** *Exercise and Sport Science Reviews.* (1985).

Krahenbuhl, GS., Morgan, DW., Pangrazi, RP. **Longitudinal changes in distance running performance of young males.** *International Journal Sports Medicine.* 10:92-96. (1989).

Krotiewski, M.; Kral, JO.; Karlsson, J. **Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats.** *Acta Physiol. Scandinavica.* 109: 233-237. (1980).

Kurowski, TT. **Anaerobic power of children from ages 9 through 15 years.** Universidad Oregon. (1979).

Massicotte y col. **Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children.** *Medicine and Science in Sports.* 6 242-246. (1974).

Matejkova, J.; Kroprikova, Z.; Placheta, Z. **Changes in acidbase balance after maximal exercise.** En *Youth and physical activity*. De. Placheta 191-199. (1980).

Mirwal, R.L. y col. **Longitudinal comparison of aerobic power in active boys aged 7.0 to 17.0 years.** *Annals of Human Biology.* 8: 405-414. (1981).

Mirwall, RL. **Saskatchewan growth and development study.** En *Kinanthropometry II, International Series on Sport Sciences.* Baltimore. Univ. Park Press. 9:289-305. (1980).

Patterson, DH., Cunnigham, DA. **Development of anaerobic exercise in early and late maturing boys.** En *Children and exercise XI.* Binkhorst, RA y col. Champaign (IL). *Human Kinetics.* 119-128. (1985).

Patterson, DH., Cunnigham, DA., Bumstead, LA. **Recovery O₂ and blood lactic acid: Longitudinal analysis in boys aged 11-15 years.** *European Journal Applied Physiology.* 55:93-99. (1986).

Pfingner, P., Freedson, P. **Blood lactate responses to exercise in children: Part 2. Lactate Threshold.** *Pediatric Exercise Science.* 9:299-307. (1997).

Pisuke, A. y Nurmekivi, A. **Carreras sobre pendientes en el entrenamiento de corredores de medio-fondo y fondo.** Traducción de Stadium. *Track Technique.* 60. (1975).

Racev, K. **Frequence des foulee, longueur des foulees et vitesse de course en sprint en fonction de l'age.** Conferencia en las Jornadas sobre "Preparation a long terme des adolescents en vue de hautes performances sportives". Leipzig. Diciembre. (1963).

Sady, SP. **Transient oxygen uptake and heart rate responses at the onset of relative endurance exercise in prepuberal boys and adult men.** *International Journal Sports Medicine.* 2:20-24. (1981).

Savage, MP., Petratis, MM., Thomson, WH. **Comparative effects of exercise training on serum lipids and lipoproteins of prepubescent boys and adult men.** *Medicine Science Sports Exercise.* (1987).