

Article

La influencia de la Edad y la Maduración Sexual en la Respuesta del Ácido Láctico al Ejercicio, en Niños

The Influence of Age and Sexual Maturation on Children's Blood Lactate Responses to Exercise

Joanne R Williams¹ y Neil Armstrong¹

¹Physical Education Association Research Ctr., School of Education, University of Exeter, Exeter, EX1 2LU, United Kingdom.

RESUMEN

Un total de 100 varones y 91 mujeres, niños y adolescentes, entre 11 y 16 años de edad, realizaron un test discontinuo en cinta ergométrica, hasta alcanzar la fatiga exhaustiva voluntaria, con el fin de determinar la relación entre consumo de oxígeno/concentración de lactato en sangre ($VO_2/[La^-]$). El estado madurativo de la muestra fue investigado en 72 jóvenes varones y 47 jóvenes niñas, a través del uso del índice de categorización de Tanner. La media de lactato sanguíneo al alcanzar el VO_2 máx. o pico, fue significativamente mayor en las mujeres en comparación con varones (6.1 mmol/l vs. 5.8 mmol/l, $p < 0.01$). El lactato al pico del VO_2 y el porcentaje relativo del pico de VO_2 a nivel de 4.0 mmol/l no correlacionaron significativamente con la edad cronológica ($p > 0.05$) en ninguno de los sexos, aunque se obtuvo una correlación entre la edad cronológica y el porcentaje del pico de VO_2 a 2.5 mmol/l en los varones ($r = -0.226$, $p < 0.05$) y en las mujeres ($r = -0.272$, $p < 0.05$). Los análisis de variancia revelan que no existieron cambios significativos ($p > 0.05$) en ninguna de las variables de lactato investigadas, ante la progresión a través de los diferentes estadios de maduración de Tanner.

Palabras Clave: concentración de lactato, estadio madurativo, fatiga exhaustiva, tanner, consumo máximo de oxígeno

ABSTRACT

A total of 100 boys and 91 girls, ages 11 to 16 years, completed a discontinuous treadmill test to voluntary exhaustion to determine the oxygen uptake/blood lactate relationship. Maturation stage was assessed in 72 boys and 47 girls using Tanner's indices. Mean blood lactate at peak VO_2 was significantly higher in the girls compared to the boys (6.1 vs. 5.8 mmol \cdot l⁻¹). Lactate at peak VO_2 and percent peak VO_2 at 4.0 mmol \cdot l⁻¹ were not significantly correlated with chronological age ($p > 0.05$) in either sex, although a relationship was obtained between chronological age and percent peak VO_2 at 2.5

mmol·l^{minus:1} for boys ($r=-0.226$, $p<0.05$) and girls ($r= -0.272$, $p<0.05$). Analysis of variance revealed no significant changes ($p>0.05$) in any of the lactate variables examined with progression through the Tanner stages of maturity.

Keywords: lactate concentration, developmental stage, exhaustive fatigue, Tanner, maximum oxygen consumption

INTRODUCCIÓN

Subsiguientemente a esfuerzos submáximos y máximos, a la misma intensidad relativa, las concentraciones de lactato muscular y sanguíneo son menores en los niños que en adultos, y también menores cuando se comparan niños jóvenes con grupos de niños más grandes en edad (12, 31, 37). El mecanismo preciso que subyace detrás de esta respuesta de lactato disminuida no ha sido aún, completamente elucidado, pero la extensa y profusa literatura sugiere varios factores que contribuyen al efecto, tales como un perfil metabólico muscular mejor equipado para la generación de energía oxidativa, más que para la energía glucolítica (5, 10, 16), una respuesta deprimida de las catecolaminas al ejercicio (23), y un mayor flujo sanguíneo hacia los músculos activos (19). Una de las bases de una relación "casi significativa" entre el volumen testicular y la [La-] muscular durante ejercicio submáximo, Eriksson y cols. (11) sugirieron que la producción de lactato está influenciada por la maduración sexual. Hallazgos de investigación subsecuentes han provisto evidencia que soporta la idea de relaciones observadas entre varios índices madurativos y las mediciones de lactato sanguíneo, submáximo o máximo (13, 25, 31). Sin embargo, otros investigadores no han podido observar una asociación entre los índices madurativos y las concentraciones de lactato en sangre post-ejercicio (27, 28). Los hallazgos controversiales en las investigaciones podrían, largamente, ser la resultante de diferencias metodológicas en ambos, tanto en el asesoramiento madurativo como en las mediciones de lactato; la exacta naturaleza de la relación entre la respuesta del lactato al ejercicio, y la maduración biológica, claramente requiere futuras investigaciones, antes de que una conclusión definitiva pueda ser emitida. La información de las jóvenes niñas y adolescentes es notablemente débil, y aunque se han hecho comparaciones entre grupos de pre-púberes, púberes y post-púberes (38), los tamaños de las muestras dentro de cada grupo, han sido limitadas. En la literatura no se registraban datos que examinasen los cambios en la respuesta de lactato, tanto en niños como en niñas, a través de un seguimiento de esa variable durante un proceso madurativo, controlado según los estadios de Tanner (32). El siguiente estudio fue realizado con el objeto de examinar cambios en los patrones de respuesta del lactato sanguíneo, durante el ejercicio, en relación a la edad ósea y estadios de maduración de Tanner, en niños/as y adolescentes de 11 a 16 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un consentimiento escrito de parte de los 100 varones y 91 mujeres y de sus padres, fue recibido antes de participar en la investigación. Estos jóvenes fueron seleccionados al azar de un total de 707 participantes en un proyecto concerniente a la prevalencia de factores de riesgo cardiocoronario en niños (1), y por lo tanto representan un grupo heterogéneo, en términos de habilidad y capacidad atlética.

Evaluación Madurativa

Indicadores de maduración externa fueron visualmente evaluados en 72 varones y 47 mujeres por un médico y registrados de acuerdo a los índices de Tanner (32). El crecimiento del vello púbico y el estado de desarrollo de los senos en mujeres y de los genitales en varones fueron evaluados, y un score o calificación del estado total de maduración sexual fue calculado, a partir de la media de vello pubiano y ranking de desarrollo genital en varones, y de la media de vello pubiano y ranking de desarrollo de los senos en mujeres.

Protocolo del ejercicio

La relación entre las respuestas al ejercicio del lactato sanguíneo (LS) y el consumo de O₂ (VO₂), en niños, fue investigada usando una prueba de carrera progresiva, discontinua, corriendo en una cinta ergométrica hasta la fatiga exhaustiva voluntaria. La velocidad inicial fue establecida a 8 km/h y luego fue incrementada a 10 km/h, durante la segunda etapa. A posteriori, la velocidad se mantuvo constante y los subsecuentes aumentos en intensidad fueron alcanzados por sucesivos incrementos del 2 % de pendiente en la cinta. Las cargas de esfuerzo duraron 3 minutos, separados por 1 minuto para permitir la extracción de muestras sanguíneas. Muestras de sangre fluyendo libremente de la yema de los dedos fueron colectadas en dos tubos capilares heparinizados durante cada pausa de carrera, y también al finalizar el esfuerzo máximo.

Muestras por duplicado de 25 μL , sin ningún tipo de tratamiento previo, fueron analizadas para lactato, mediante el uso de un analizador de sangre total (YSI 23 AM, Yellow Springs, OH), calibrado previamente, y fueron registrados los valores medios.

Las variables cardiorrespiratorias fueron monitorizadas continuamente, usando un sistema en línea computarizado. El volumen y la temperatura del aire inspirado fueron medidos con un neumotacógrafo y un termómetro. El aire espirado fue emitido a través de una válvula de baja resistencia, para niños, en una cámara de mezclado, de la cual eran extraídas muestras para el análisis de los contenidos de O_2 y CO_2 , mediante el uso de analizadores paramagnéticos e infrarrojos, respectivamente. Previo a cada test, el neumotacógrafo fue chequeado con una jeringa de calibración de 3 litros, en los rangos del flujo de aire, y los analizadores fueron calibrados con gases de concentraciones conocidas. La frecuencia cardiaca fue controlada en forma continua. El máximo VO_2 que se registró durante el test fue considerado como el VO_2 máx. Está muy bien documentado que los niños y los adolescentes, cuando son suficientemente estimulados, alcanzan los límites del VO_2 máx. sin mostrar una meseta o "plateau" en la curva de VO_2 . Si el sujeto ha sido previamente habituado a los procedimientos del test y al medio ambiente, y su pico de frecuencia cardiaca ha alcanzado valores casi máximos antes de la máxima intensidad final de ejercicio, y si su cociente respiratorio es mayor que 1.0, nosotros aceptamos el pico de VO_2 como el índice máximo.

Análisis

Para la interpretación de las respuestas de la concentración sanguínea de lactato en relación a las variables cardiorrespiratorias, el VO_2 y la frecuencia cardiaca fueron graficados vs. $[\text{La}^-]$ para cada niño/a. A partir de los gráficos computados, el % de VO_2 correspondiente a dos valores referenciales de lactato sanguíneo de 2.5 y 4.0 mmol/l, fueron interpolados. El nivel de 4.0 mmol/l es largamente reconocido como el criterio de medición de la performance de resistencia en adultos (15, 22). Sin embargo, sobre la base de nuestros conocimientos de que los niños pueden realizar ejercicios cercanos a su pico de VO_2 , antes que se desarrolle un nivel de 4.0 mmol/l, y que un significativo número de niños fallan en alcanzar un pico de lactato de 4.0 mmol/l, nosotros sugerimos que este nivel podría ser inapropiado para estudios en niños (36), y por lo tanto, recomendamos un valor de referencia menor de 2.5 mmol/l (35). Fueron usados coeficientes de correlación de Pearson para analizar las correlaciones entre edad cronológica y % del pico de VO_2 , a nivel de los dos niveles de lactato de referencia, y entre la edad cronológica y el lactato sanguíneo, en el momento del VO_2 máx. Fue usado un análisis de variancia de una vía (one-way ANOVA) para investigar diferencias estadísticas en las respuestas submáximas y máximas (pico) de lactato sanguíneo, entre los grupos de maduración; las diferencias entre sexos, en las respuestas del lactato sanguíneo dentro de cada grupo madurativo, fueron analizadas mediante el uso del Test-t de Student para muestras no apareadas.

RESULTADOS

Las características físicas, respuestas cardiorrespiratorias máximas y nivel de lactato sanguíneo durante VO_2 máx., para varones y mujeres, son presentados en la Tabla 1. Las medias de las características físicas, respuestas cardiorrespiratorias máximas, y lactato sanguíneo al VO_2 máx., en varones y mujeres, clasificados por grupos madurativos, son desarrolladas en Tablas 2 y 3, respectivamente. Como solo 1 niña fue clasificada en el estadio 1 de maduración, sus resultados fueron excluidos de los análisis. La Tabla 4 contiene la media de consumos de O_2 a los niveles de referencia de 2.5 y 4.0 mmol/l de lactato sanguíneo, por estadios de maduración para varones y mujeres, respectivamente.

El VO_2 pico, ya sea expresado en términos absolutos (l/min) o en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min), fue significativamente más alto ($p < 0.05$) en los varones que en las mujeres. Una meseta o "plateau" en la curva de VO_2 fue observada en el 31 % de los varones y en el 39 % de las mujeres. Los valores pico de frecuencia cardiaca no fueron significativamente diferentes ($p > 0.05$), entre sexos. Los valores de $[\text{La}^-]$ sanguíneo tomados 3 min después de la finalización del esfuerzo, a una intensidad que permitió desarrollar el pico de VO_2 fueron significativamente más elevados en las mujeres ($p < 0.01$). No se hallaron diferencias significativas entre los valores de lactato pico, en aquellos varones y mujeres quienes demostraron un "plateau" en el VO_2 , de aquellos que no lo mostraron ($p > 0.05$). Las correlaciones entre edad cronológica y lactato a nivel del pico de VO_2 , y entre edad y % del pico de VO_2 a nivel de 4.0 mmol/l produjeron coeficientes que no fueron significativamente diferentes de 0, tanto en varones como en mujeres ($p > 0.05$). En contraste, el % del pico de VO_2 , a nivel de 2.5 mmol/l estuvo significativamente ($p < 0.05$) correlacionado de forma negativa con la edad para ambos sexos, aunque los coeficientes de $r = -0.226$ para varones y $r = -0.272$ para mujeres, fueron bajos.

VARIABLE	VARONES			MUJERES		
	n	M	SD	n	M	SD
Edad (años)	100	13.4	1.5	91	13.3	1.4
Talla (m)	100	1.59	0.12	91	1.57	0.10
Peso (kg)	100	48.0	12.2	91	47.6	12.2
VO ₂ Pico (l/min)	100	2.34	0.62	91	1.91	0.38
VO ₂ Pico(ml/kg/min)	100	49.0	6.0	91	40.0	7.0
Frec.Card.máx.(l/min)	97	201	8	91	201	8
Lactato-VO ₂ max (mmol/l)	96	5.4	1.74	91	6.1	1.7

Tabla 1. Características físicas, respuestas cardiorrespiratorias máximas, y lactato sanguíneo en el pico de VO₂, por sexo.

	ESTADIOS DE TANNER									
	1 (n= 6)		2 (n=24)		3 (n=12)		4 (n=14)		5 (n=16)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Edad (años)	12.0	0.9	12.1	0.8	13.0	1.2	14.6	1.1	14.4	1.2
Talla (m)	1.47	0.1	1.49	0.01	1.53	0.08	1.67	0.1	1.70	0.09
Peso (kg)	42.4	14.7	39.9	7.8	40.1	5.4	54.2	11.8	60.7	9.5
VO₂ Pico(l/min)	1.81	0.4	1.92	0.33	1.86	0.39	2.79	0.61	2.90	0.32
VO₂ Pico(ml/kg/min)	44	8	48	7	46	7	51	5	48	7
Frec. Card. máx. (lat/min)	205	6	202	8	205	7	198	6	199	9
Lactato - VO₂max (mmol/l)	5.3	1.2	5.0	2.4	4.7	1.1	5.8	1.2	5.8	1.7
M= Media; SD= Desvío standard										

Tabla 2. Características físicas, respuestas cardiorrespiratorias máximas, y lactato sanguíneo en el pico de VO₂, en varones, por estadio madurativo.

El análisis de variancia a una vía de los valores medios de las respuestas de lactato sanguíneo, a nivel del pico de VO₂ y a niveles submáximos, con el desarrollo madurativo, no revelaron diferencias significativas (p>0.05) entre grupos madurativos, para ninguno de los dos sexos, en ninguna de las tres variables: [La-] al VO₂ pico, % de VO₂ pico a 2.5 mmol/l o % de VO₂ pico a 4.0 mmol/l. Se concluye esto, a pesar de una clara tendencia de descenso de las medias de los % de VO₂ pico a un nivel de 2.5 mmol/l (ver Tabla 4).

A cada estadio madurativo, el % de VO₂ pico a nivel de 4.0 mmol/l no fue significativamente diferente (p> 0.05) en varones y mujeres, aplicando análisis de variancia a una vía a través de ellos. Aunque las niñas tendieron a mostrar mayores concentraciones de lactato sanguíneo a nivel del VO₂ máx., y tendieron a alcanzar concentraciones de lactato sanguíneo de 2.5 mmol/l a menores porcentajes del pico de VO₂ que los varones del mismo estadio madurativo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (p>0.05).

ESTADIOS DE TANNER								
	2 (n = 12)		3 (n = 11)		4 (n = 18)		5 (n = 6)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Edad (años)	11.9	0.4	13.1	1.5	14.1	1.2	14.6	1.0
Talla (m)	1.48	0.09	1.54	0.07	1.65	0.07	1.59	0.07
Peso (kg)	38.5	8.4	43.4	8.1	53.5	6.6	55.2	6.9
VO₂ Pico(l/min)	1.69	0.41	1.84	0.40	2.17	0.3	1.87	0.19
VO₂ Pico(ml/kg/min)	43	5	42	7	40	5	34	6
Frec. Card. máx. (lat/min)	199	5	200	8	201	8	201	12
Lactato - VO_{2máx} (mmol/l)	5.8	1.3	5.7	1.9	6.6	1.9	5.7	1.2
M= Media; SD= Desvío standard								

Tabla 3. Características físicas, respuestas cardiorrespiratorias máximas, y lactato sanguíneo en el pico de VO₂, en mujeres, por estadio madurativo.

	% del VO ₂ máx. a 2.5 mol/l						% del VO ₂ máx. a 4.0 mmol/l					
	Varones			Mujeres			Varones			Mujeres		
Estadio de Tanner	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD
1	4	89	3	-	-	-	5	93	3	-	-	-
2	19	87	9	8	80	8	14	89	8	11	90	7
3	10	84	10	8	79	9	8	90	10	10	91	6
4	12	81	6	14	73	14	14	91	6	16	88	9
5	15	80	14	6	71	13	14	92	5	6	87	13

Tabla 4. Porcentaje del VO₂ máx. a niveles referenciales de 2.5 y 4.0 mmol/l de lactato sanguíneo, en varones y mujeres, por estadio madurativo

DISCUSIÓN

Los valores medios de VO₂ máx. obtenidos en este estudio son comparables con datos previamente publicados, que incluyeron grandes muestras de jóvenes varones y mujeres de edades similares, no entrenados, testeados en cinta ergométrica (6, 14, 26). Los valores medios de lactato post-VO₂ máx. observados en este estudio, son generalmente menores que en reportes previos (2, 29, 31). Aunque parte de las diferencias podrían explicarse por diferentes protocolos, la mayor causa de discrepancia pueden ser atribuibles a diferencias en la metodología de análisis del lactato (37). El método en sangre entera usado en este estudio mide el lactato en la fracción plasmática de la sangre, lo que no incluye el lactato contenido dentro de los eritrocitos (34, 37). Como el volumen de sangre contiene plasma y eritrocitos, ocurre una dilución de la concentración de plasma y, como consecuencia de ello, los valores son menores a aquéllos obtenidos por análisis que miden el lactato celular y plasmático. Sin embargo, el uso de esta técnica de sangre entera no influye los resultados o conclusiones de este estudio.

Los valores medios de lactato máximo más elevados en mujeres que en varones, obtenidos en la presente investigación, son consistentes con varios reportes preliminares (2, 7, 29). Aparentemente, no hay una explicación disponible para fundamentar esta diferencia entre sexos, aunque estudios anteriores han sugerido que las respuestas del lactato sanguíneo al ejercicio están relacionadas a la madurez sexual (11, 30, 38). Para una edad cronológica dada, el desarrollo biológico en mujeres es, aproximadamente, 2 años más avanzado que en varones (32). Por lo tanto, ha sido sugerido que los mayores valores de lactato sanguíneo simplemente reflejan esta maduración más temprana y, específicamente, un metabolismo muscular más maduro.

Sin embargo, en el grupo de jóvenes estudiados aquí, la ausencia de cambios significativos en valores de lactato sanguíneo a nivel del pico de VO₂, relacionados con el incremento de la maduración, sugiere que otros factores, además de la maduración sexual, pueden estar actuando. Mucho más, dado que estudios previos han fallado en demostrar, sin duda, diferencias sexuales durante la niñez, en la actividad de varias enzimas glucolíticas (16, 17), no existe soporte científico para afirmar que hay una capacidad aumentada de provisión de energía anaeróbica en las niñas. Se necesitarán futuras investigaciones acerca de la maduración de las rutas metabólicas musculares, en relación a las respuestas del lactato durante el ejercicio, para clarificar estas relaciones.

Uno de los más interesantes hallazgos de esta investigación fue la falta de correlación significativa entre edad y lactato, a nivel del pico de VO₂, entre las edades de 11 a 16 años, tanto en varones como en mujeres. Esto contrasta con varios estudios que han mostrado una correlación entre la edad y un incremento en los valores de lactato post-pico de VO₂ máx.

(9, 12, 29), pero es coincidente con hallazgos de otros investigadores, quienes han encontrado pequeños cambios en los valores de lactato post-ejercicio, relacionados con el incremento de la edad (8, 20).

Estudios previos han reportado incrementos en las concentraciones de lactato sanguíneo y muscular, en relación con el aumento de la edad, a determinadas intensidades de ejercicio submáximas (12, 38), o han notado una relación inversa entre edad y al rendimiento físico, a valores específicos referenciales de lactato submáximo (18). En el presente estudio, sin embargo, no se observaron correlaciones significativas entre el % del VO_2 máx. a nivel de 4.0 mmol/l y la edad, ni en varones ni en mujeres. A los valores referenciales menores de 2.5 mmol/l, un significativo descenso en el % del VO_2 máx. a un nivel de lactato de 2.5 mmol/l, relacionado con la edad, fue obtenido en los dos sexos, aunque la significancia biológica de tales coeficientes de correlación, es cuestionable.

En contraste con los hallazgos previos sobre la relación entre mediciones de lactato submáximo y maduración, como fue indicado por el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios (38) y la maduración ósea (31), y la opinión ampliamente expresada que la capacidad de producir lactato podría, largamente, ser influenciada por la maduración (4, 11, 31), este estudio falló en demostrar alguna relación significativa entre cambios en % del VO_2 pico a dos niveles de lactato de referencia; sin embargo, fue demostrada una tendencia a la reducción en el % del VO_2 máx. a nivel de 2.5 mmol/l en ambos sexos. Estos hallazgos derivados de la que parece ser la muestra más grande de jóvenes y niños en los cuales se ha tratado de correlacionar datos sobre lactato con estadios madurativos, sugiere que existen otros factores de desarrollo, además de los referentes a maduración sexual, continúan modificando las respuestas del lactato sanguíneo ante el ejercicio, más allá de haber alcanzado completamente la maduración sexual. Paterson (27, 28) encontró que la capacidad anaeróbica y la concentración de lactato medido durante ejercicios de alta intensidad no correlacionaron con los sucesos de la pubertad (identificados por el pico de crecimiento en altura). Una conclusión similar puede ser descrita por estos datos actuales que estudiaron respuestas de lactato submaximales. Ciertamente, el postulado rol mediador de la testosterona, en el desarrollo de las respuestas de lactato en varones jóvenes (13, 25, 31) no puede ser apoyado por estos hallazgos. Aunque los niveles de testosterona no fueron medidos en este estudio, la falta de cambios significativos en el % del VO_2 máx. a niveles referenciales de lactato entre varones prepúberes y aquéllos que con maduración sexual completa, podría avalar la advertencia de Bar-Or (3), que expresa que es prematuro sugerir que la tasa de glucólisis, y en consecuencia, la capacidad de producir lactato, está directamente relacionada con los niveles circulantes de testosterona.

La falla en demostrar las respuestas a nivel de 2.5 mmol/l, cuando examinamos el estadio madurativo paralelo a aquéllos indicados por la correlación negativa significativa con la edad, podría resultar por el reducido número de casos en quienes ha sido chequeado el estado madurativo, especialmente en mujeres, y consecuentemente el pequeño tamaño de las muestras en los extremos del "continuum" madurativo. Algunos de estos factores podrían también explicar la ausencia de significativas diferencias entre sexos en los valores medios del pico de lactato obtenidos, cuando fueron analizados por grupo madurativo, al margen de las diferencias significativas entre sexos que fueron obtenidas para esta variable, tomando al grupo como un total.

Aunque los índices de Tanner constituyen el más confiable y práctico método disponible para evaluar estadios madurativos en estudios de corte horizontal, la metodología es a veces, imprecisa. Agregado a cuestionamientos que pueden hacerse con respecto a la subjetividad de la medición, los datos representan una observación única de un proceso continuo, y por lo tanto son insuficientes para darnos una idea o índice de la posición del niño, relativa al estadio precedente o subsiguiente. Sin embargo, se ha sugerido que correlaciona en forma elevada con otros índices de maduración, tales como maduración esquelética y pico de velocidad de crecimiento en altura (33), los cuales proveen una indicación general del "estado" madurativo durante la adolescencia (24).

En conclusión, este estudio demostró en una muestra grande de jóvenes varones y mujeres no entrenados, de edades de 11-16 años, que la intensidad de ejercicio (expresada como un % del VO_2 máx.) correspondiente a valores referenciales de lactato de 4.0 mmol/l mostraron cambios mínimos, tanto con el aumento de la edad, como con la maduración sexual. Una similar falta de cambios con la maduración fue observado en el % de VO_2 máx. a nivel de 2,5 mmol/l, aunque se obtuvo una débil correlación con la edad. Estos datos están en disidencia con la mayoría de los reportes que muestran cambios en los patrones de incremento de lactato sanguíneo, en relación al incremento de la edad y la maduración. En la búsqueda de clarificar estas discrepancias y de echar luz sobre estas relaciones, futuras investigaciones deberán ser realizadas sobre las respuestas ante el ejercicio, del lactato sanguíneo en niños y adolescentes, sobre todo con un diseño longitudinal. Esto podría permitir el uso de otros métodos concurrentes, además de los índices de Tanner, como marcadores maduracionales, tales como el pico de velocidad de crecimiento en altura o, en varones, los niveles de andrógenos.

REFERENCIAS

1. Armstrong, N., J. Balding, P. Gentie and B. Kirby (1990). Patterns of physical activity among 11-16 year old children. *Brit. Med. J.*, 301: 203-205
2. Astrand, P.O (1952). Experimental studies of Physical Working Capacity in relation to Sex and Age. *Copenhagen: Monksgaard*
3. Bar-Or, O (1983). Pediatric Sports Medicine for the Practitioner. *New York, Springer Verlag*
4. Bar-Or, O (1984). The growth and development of children's physiologic and perceptual responses to exercise. In: *Children and Sport, J. Ilmarinen and I. Valimaki (eds.). Berlin: Springer-Verlag, pp. 3-17*
5. Berg, A., S. S. Kim and J. Keul (1986). Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *Int. J. Sports Med.*, 7:236-239
6. Constable, S.H., J.H. Wilmore, F.R. Stanforth, T.C. Rotkis, R.M. Paicius, C.P. Mattem, and W.Y. Tsao (1981). Physiological profiles of randomly selected 13-15 year old boys. *Med. Sci. Sports Exer.* 13: 110
7. Cumming, G.R., L. Hastman and J. Me Cort (1985). Treadmill endurance times, blood lactate, and exercise blood pressures in normal children. In: *Children and Exercise XI, R.A. Binkhorst, H.C.G. Kemper and W.H.M. Saris (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 140-150*
8. Cumming, G.R., L. Hastman, J. Me Cort and S. Me Cullough (1980). High serum lactates do occur in young children after maximal work. *Int. J. Sports Med.* 1: pp.66-69
9. Cunningham, D.A., B. Van Waterschoot, D.H. Paterson, M. Lefcoe and S.P. Sangal (1977). Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurements in children. *ed. Sci. Sports Exer.* 9: 10-108
10. Eriksson, B.O., J. Karlsson, and B. Saltin (1973). Muscle metabolism and enzymes activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol. Scand.* 87: 485-497
11. Eriksson, B.O., J. Karlsson, and B. Saltin (1971). Muscle metabolism during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatr. Scand.* 217 (Suppl.): 154-157
12. Eriksson, B.O., J. Karlsson, and B. Saltin (1974). Muscle metabolism during exercise in boys aged 11-16 years compared to adults. *Acta Paediatr. Belg.* 28 (Suppl.): 257-265
13. Fellman, N., M. Bedu, H. Spielvogel, G. Falgairette, E. Van Praagh, J. Jarrige and J. Coudert (1988). Anaerobic metabolism during pubertal development at high altitude. *J. Appl. Physiol.* 64:1382-1386
14. Girandola, R.N., R.A. Wiswell, F. Frisch and K. Wood (1981). Metabolic differences during exercise in pre and post-pubescent girls. *Med. Sci. Sports Exer.* 13: 65-67
15. Hale, T., N. Armstrong, A. Hardman, P. Jakeman, C. Sharp and E. Winter (1988). Position Statement on the Physiological Assessment of the Elite Competitor. *Leeds: British Association of Sports Sciences*
16. Haralambie, G (1982). Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull. Eur. Physio. Resp.* 18: 65-74
17. Haralambie, G., and H. Reinartz (1978). Human skeletal muscle enolase and factors influencing its activity. *Enzyme*, 23: 404-409
18. Keul, J., G. Simon, A. Berg, H.H. Dickhuth, I. Goertler and R. Kuberl (1979). Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *D.Z. Sportmed.* 30: 212-218
19. Koch, G (1977). Development of aerobic power, lung dimensions and muscle blood flow during the age period 12-14 years under the influence of intensive physical training. In: *Frontiers of Activity and Child Health, H. Lavallee and R. Shephard (Eds.). Quebec: Editions du Pelican, pp. 169-177*
20. Koch, G (1984). Maximal oxygen transport capacity in adolescents aged 12-17 years. Effect of growth combined with intensive physical training. In: *Current Topics in Sports Medicine. N. Bachl, L. Prokop, and R. Suckert (Eds.). Wien: Urban and Schwarzenberg, pp. 479-497*
21. Krahenbuhl, G.S., J.S. Skinner, and W. M. Kohrt (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exer. Sport Sci. Rev.* 13: 503-538
22. Mac Dougall, J.D., H.A. Wenger, and H.J. Creen (1982). Physiological Testing of Elite Athlete. *Ithaca, NY: Movement Publ*
23. Macek, M (1988). Aerobic and anaerobic energy output in children. In: *Children and Exercise XII, J. Rutenfranz, R. Mocellin and F. Klimt (Eds.). In: Children and Exercise XII, J. Rutenfranz, R. Mocellin and F. Klimt (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 3-9*
24. Malina, R.M (1988). Competitive youth sports and biological maturation. In: *Competitive Sports for Children and Youth. E.W. Brown and C.F. Branta (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 227-246*
25. Mero, A (1988). Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57:660-666
26. Palgi, Y., B. Gutin, J. Young, and D. Alejandro (1984). Physiologic and anthropometric factors underlying endurance performance in children. *Int. J. Sports Med.* 5: 67-73
27. Paterson, D.H., and D.A. Cunningham (1985). Development of anaerobic exercise in early and late maturing boys. In: *Children and Exercise XI, R.A. Binkhorst, H.C.G. Kemper, and W.H.M. Saris (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 119-128*
28. Paterson, D.H., D.A. Cunningham, and L.A. Bumstead (1986). Recovery O₂ and blood lactic acid: Longitudinal analysis in boys aged 11-15 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55: 93-99
29. Saris, W.H.M., A.M. Noordeloos, and B.E.M. Ringnalda (1985). Reference values for aerobic power of healthy 4 to 18 year old Dutch children: Preliminary results. In: *Children and Exercise XI, R.A. Binkhorst, H.C.G. Kemper, and W.H.M. Saris (Eds.). Champaign 11: Human Kinetics, pp. 151-160*
30. Suurnakki, T., J. Ilmarinen, C. Nygard, P.V. Komi, and J. Karlsson (1986). Anaerobic strain in children during a cross-country skiing competition. In: *Children and Exercise XI, J. Rutenfranz, R. Mocellin, and F. Klimt (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 67-76*
31. Tanaka, H., and M. Shindo (1985). Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 year compared with untrained and trained young males. *Int. J. Sports Med.* 6:90-94

32. Tanner, J.M (1962). Growth at Adolescence (2nd ed.). *Oxford: Blackwell*
33. Tanner, J.M (1978). Foetus Into Man. Physical Growth From Conception to Moturity. *London: Open Books*
34. Weil, M.H., J.A. Leavy, E.C. Rackow, and C.J. Halfinan (1986). Validation of a semiautomated technique for measuring lactate in whole blood. *Clin. Chem. 32:2175-2177*
35. Williams, J.R (1990). The blood lactate response to exercise in 11 to 16 year old children with referente to cardiorespiratory variables, chronological age, sex, sexual moturity and habitual physical activity. *Unpublished PhD thesis, University of Exeter*
36. Williams, J.R, N. Armstrong, and B.J. Kirby (1990). The 4 mmol⁻¹ blood lactate level as and índex of exercise performance in 11-13 year old children. *J. Sports Sci. 8:134-147*
37. Williams, J.R., N. Armstrong, and B.J. Kirby (1990). The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. *J. Sports Sci. (In press)*.
38. Wirth, A., E. Trager, K. Scheele, D. Mayer, K. Diehm, K. Reisch, and K. Weicker (1978). Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal asid submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity. *Eur. J. Appl. Physiol. 39:229-240*

Cita Original

Williams J, Armstrong N. La influencia de la edad y la maduración sexual en la respuesta del ácido láctico al ejercicio, en niños. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 2 N°5. 1994.*