

Alteraciones del equilibrio acidobásico en niños que practican polo acuático sometidos a una carga máxima de trabajo

Por:

Dr.: RAUL MAZORRA,* Dr.: GILBERTO ANTE,** RITA PEREIRA,* ILEANA ZORRILLA*

Mazorra, R. et al. *Alteraciones del equilibrio acidobásico en niños que practican polo acuático sometidos a una carga máxima de trabajo*. Rev Cub Ped 48: 1, 1976.

Se realizó un estudio con 22 niños de 11,4 años de edad, del sexo masculino, de la preselección nacional de polo acuático para observar las variaciones que sufre el equilibrio acidobásico después que se les sometió a una carga hasta la tolerancia máxima subjetiva de las mismas. Los parámetros estudiados sufrieron modificaciones a partir de los valores tomados antes de la carga, los cuales estaban entre los límites normales hasta pH: 7,2; PCO₂: 32,9; BS: 16,5; EB-10,1 y pulso de 182,2 en los 30'' del minuto final de la carga. Los valores encontrados pueden colocar la acidosis metabólica durante el esfuerzo dentro de las acidosis subcompensadas pH: 7,35 a 7,20.

INTRODUCCION

El análisis de los parámetros del equilibrio acidobásico se ha convertido en un sólido componente de la metodología investigativa en el control médico del estado de entrenamiento.

La variedad de los cambios que se originan en el equilibrio acidobásico están en relación con la intensidad y duración de la carga, así como con el estado de entrenamiento. El análisis del equilibrio acidobásico ofrece una información esencial sobre la capacidad actual del rendimiento físico (*Newmann,¹ Osnes*).²

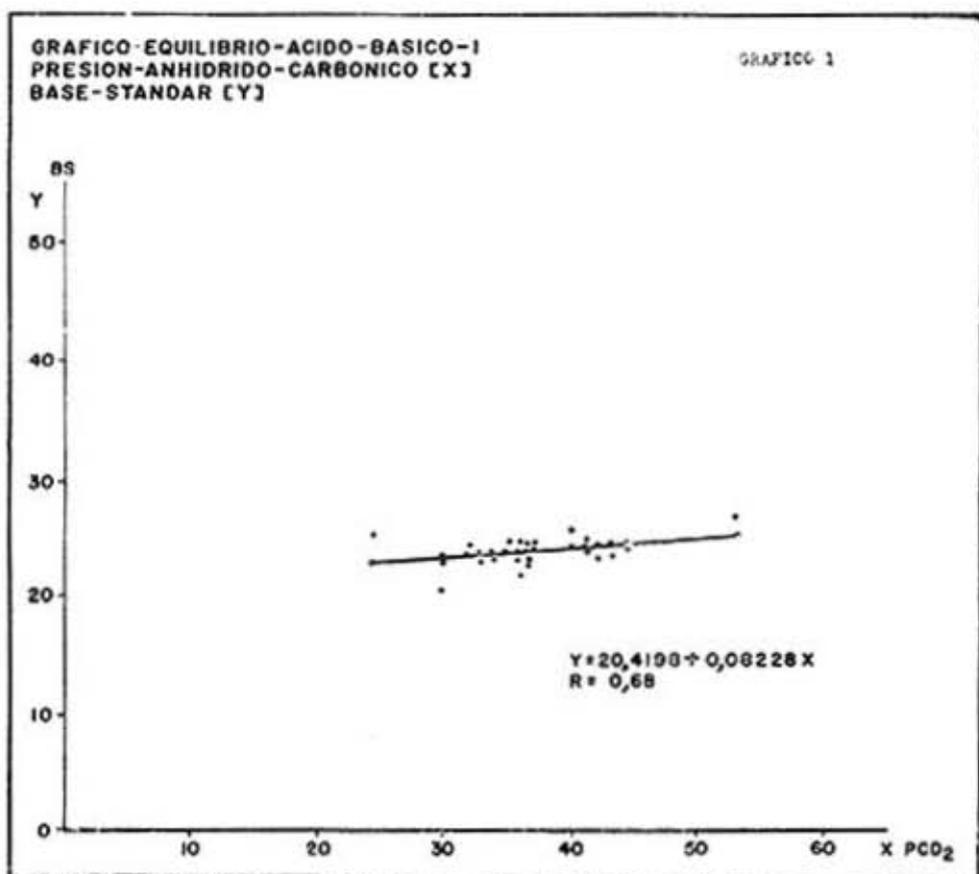
Los trabajos fundamentales sobre el análisis del equilibrio acidobásico se remontan a *Van Slyke* y colaboradores que plantearon la validez de la ecuación Henderson-Hasselbach para la sangre y el transcurso lineal aproximativo de la curva de disociación del CO₂ de la sangre.

Mientras la determinación del pH se hizo por métodos muy complejos a través de un análisis complicado del contenido de CO₂ o/CO₂H por medio de punciones arteriales, limitó su empleo en el campo de la medicina deportiva para el control médico del entrenamiento.

El perfeccionamiento de la medición electrométrica de pH y los trabajos de *Siggaard-Andersen¹* condujo a una inversión del proceso o método analítico en la medición del pH y el PCO₂, así como también la implantación del micrométodo *Astrup²* por medio de sangre arterial capilar, permitió la utilización re-

* Departamento de gasometría. Laboratorio de fisiología respiratoria. Instituto de Medicina Deportiva. Habana 6.

** Residente en Medicina deportiva.



cientemente de esta metódica en el control médico del entrenamiento.

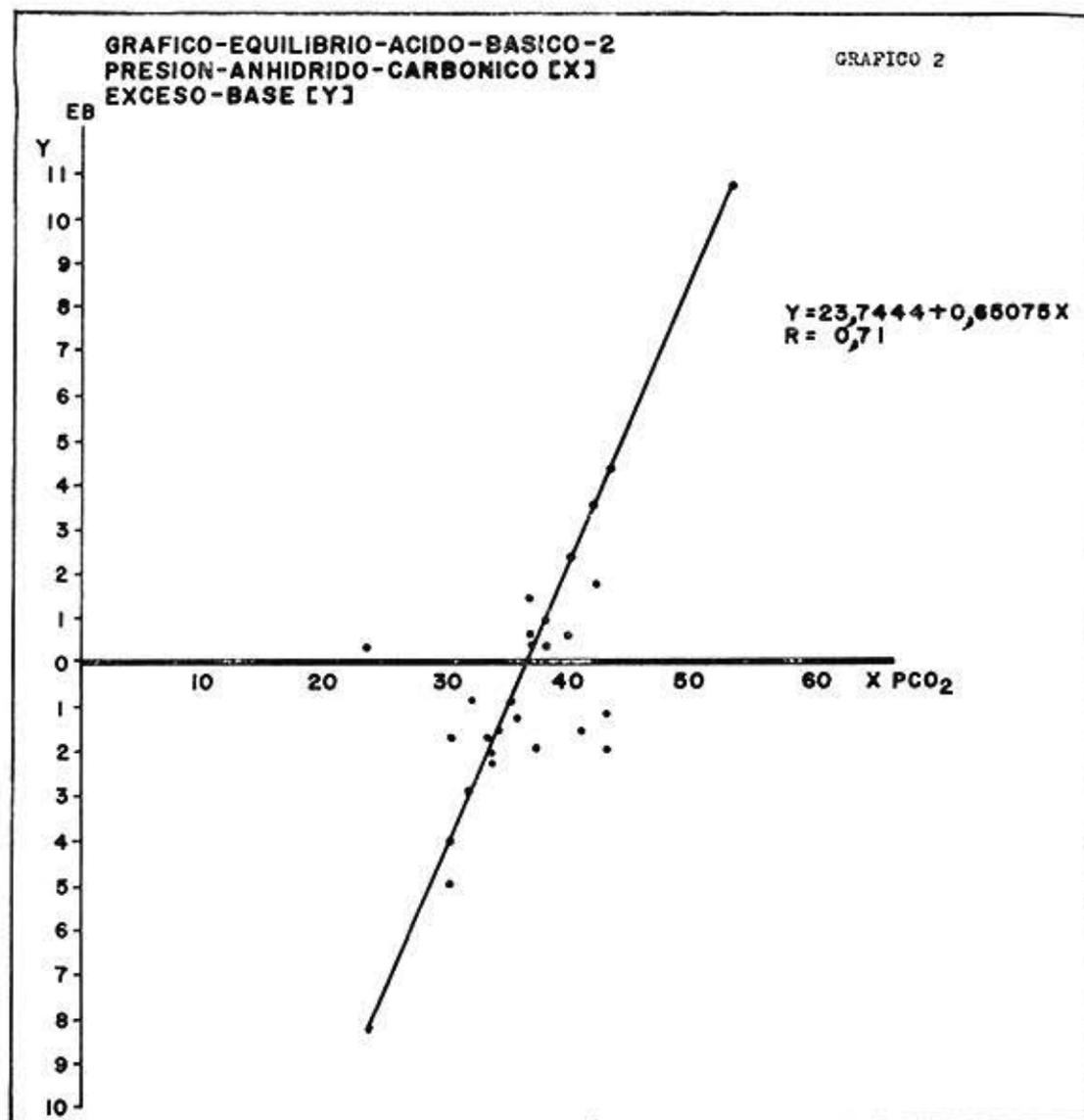
Hoy día podemos medir no sólo el pH, sino el PCO₂ y PO₂ en la sangre capilar y mediante la ayuda del normograma de *Siggaard-Andersen* conocer otros parámetros como son el bicarbonato estándar y el exceso de base. Para esto utilizamos solamente alrededor de 200 microlitros de sangre, lo que permite obtener el resultado en pocos minutos, considerándose muy útil y práctico, y se señala esto como la gran ventaja de este micrométodo.

Los ácidos láctico, pirúvico y graso presentes en la sangre durante y después de las cargas físicas han sido considerados como los responsables de la

alteración que se produce en el equilibrio acidobásico en forma de una acidosis metabólica transitoria por trabajo (*Hermansen*).⁷

Los parámetros del equilibrio acidobásico nos presentan una clara visión del desarrollo de la acidosis metabólica, la que se produce durante el aumento sucesivo de las cargas (*Lanne*).⁸

La investigación de los cambios que sufre el equilibrio acidobásico durante y después de cargas de trabajo intenso, cada día adquiere mayor interés. Aquí se presentan las alteraciones del equilibrio acidobásico observadas en niños sometidos a una carga intensa de trabajo.

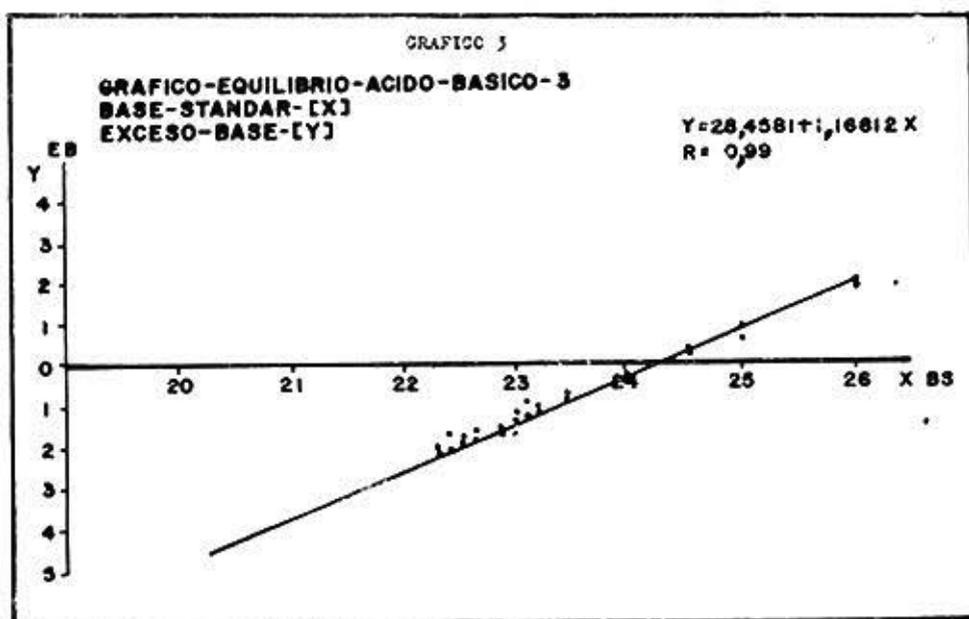


MATERIAL Y METODO

Se realizó un estudio con 22 niños de la preselección nacional de polo acuático en la categoría de 11 y 12 años, con un promedio de 11,4, los cuales fueron sometidos a cargas sucesivas de trabajo que consistía en trabajar en el velergómetro durante 6' con una carga de 1 watt por kilogramos de peso, otra car-

ga de 6' a razón de 1,5 watt por kilogramo de peso; después otra carga de 6' a razón de 2 watt/kg. Después sucesivamente minuto a minuto, hasta el límite de su tolerancia, se va aumentando hasta 16 watts, sin pasar de 6' de trabajo.

Esta es la carga aceptada por el IBP (Programa Biológico Internacional) para individuos de condición física regular y



niños, con un pedaleo de 60 revoluciones por minuto en el velergómetro "GO-DART".

El método seguido para la toma de la muestra de la sangre capilar fue el siguiente:

Previa antisepsia local, se le hizo una extracción en el pulpejo del dedo, —antes de comenzar la carga de trabajo— mediante punción con una lanceta y se toma la muestra de sangre por medio de capilares heparinizados de 75 mm de largo y 1,45 mm de diámetro.

Se tomaron 5 capilares.

Se le vascularizó el lóbulo de la oreja con finalgón (sustancia vasodilatadora) y la punción se hizo con un bisturi curvo, a los 30" finales de la carga. Se llenaron 5 capilares y se procedió a la elaboración de la muestra, para lo cual se utilizó el modelo ABC 1, pH Astrup BMS-2 de la Radiometer y el normograma de Siggard-Andersen."

RESULTADOS

El pH registrado en reposo fue $7,399 \pm 0,026$; en el transcurso de la carga llegó

el valor del pH a $7,290 \pm 0,041$. El PCO_2 en reposo fue $37,540 \pm 6,189$ mm Hg. Medido inmediatamente al final de la carga fue PCO_2 $32,950 \pm 6,666$ mm Hg.

El bicarbonato estándar en reposo fue $23,510 \pm 1,140$ mEq l; y medido inmediatamente al final de la carga fue $16,540 \pm 2,167$ mEq l.

El exceso de base en reposo — $0,941 \pm 1,370$ mEq litro y medido inmediatamente al final de la carga — $10,000 \pm 2,92$ mEq litro.

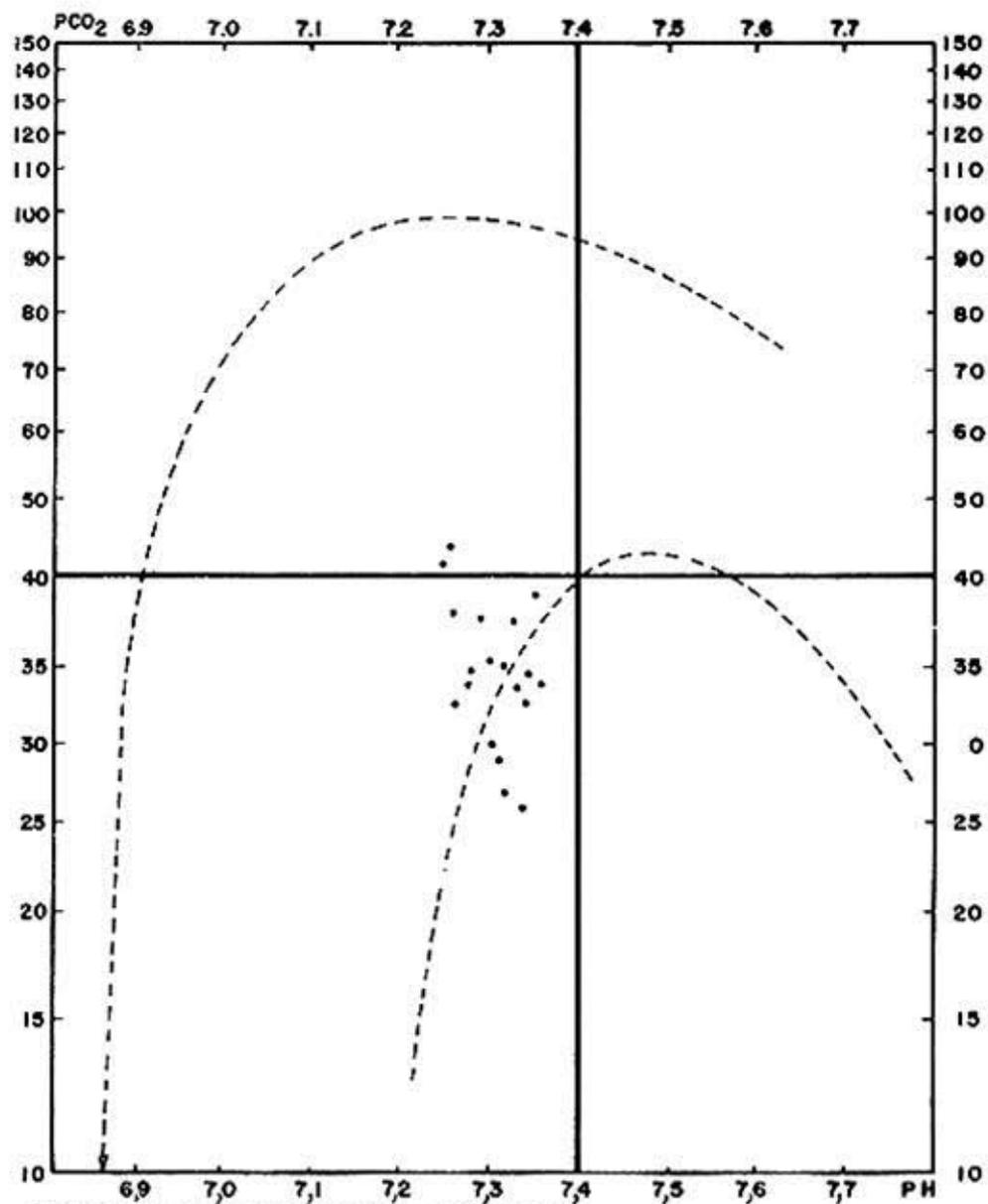
El pulso en reposo fue de $69,180 \pm 7,474$ y al determinarlo en los últimos 30" del minuto final de la última carga $182,800 \pm 13,310$ pulsaciones por minuto (cuadro).

La correlación entre el PCO_2 y el bicarbonato estándar para $R=0,68$; la correlación entre el PCO_2 y el exceso de base de $R=0,70$ y la correlación entre bicarbonato estándar y exceso de base para $R=0,99$.

DISCUSION

El pH encontrado $7,399 \pm 0,026$ se encuentra en la escala de los valores nor-

Gráfico 4.



PLOTEO DEL PH Y EL PCO_2 EN EL NOMOGRAMA.

LA MAYORIA DE LAS OBSERVACIONES ESTAN EN EL CAMPO DE LA ACIDOSIS SUBCOMPENSADA

males señalados por *Siggaard-Andersen* de $pH=7.390$. Como se ve es bastante coincidente. Este valor del pH tomado en muestras capilares de sangre arterial al final del último minuto de la última carga desciende hasta 7.290

0.041, y se puede explicar esto por el acúmulo de ácidos, principalmente de ácido láctico. *Seliger* plantea un pH 7.396 para el grupo por él estudiado, niños atletas de 15 años. Otros autores, *Holmgren* y *Vanhara* describen el

CUADRO

		Antes de la carga	Después de la carga
N		22	22
pH	\bar{x}	7,399	7,290
	D S	0,026	0,041
	V ^o	0,004	0,006
PCO ₂	\bar{x}	37,540	32,950
	D S	6,189	6,666
	V ^o	0,165	0,202
SB	\bar{x}	23,510	16,540
	D S	1,140	2,167
	V ^o	0,048	0,131
EB	\bar{x}	0,941	10,100
	D S	-1,370	2,920
	V ^o	-1,400	0,290
Pulso	X	69,180	182,800
	D S	7,474	13,310
	V ^o	0,108	0,728

Correlaciones: PCO₂ Y SB = 0,68

PCO₂ Y EB = 0,71

SB Y EB = 0,99

brusco descenso del pH como consecuencia de la carga de trabajo y señalan valores más bajo —alrededor de pH 7,06— cuando las cargas son hasta el agotamiento.

*Havel*¹² y *Skrane* señalan, después de cargas intensas de trabajo a partir de un valor de reposo de pH 7,39, hasta un pH de 7,17. *Seliger*¹³ informa un pH de 7,239 en cargas de agotamiento determinada en niños atletas de 15 años. Como puede observarse, nuestros datos están algo distantes de los registrados por otros autores. Esto señala que nuestros niños que practican polo acuático no llegaron

realmente al agotamiento, aunque algunos llegaban a un pH de 7,25.

Los valores registrados por nosotros los sitúan como poseedores de una acidosis metabólica del tipo subcompensada, o sea, que oscila entre un pH de 7,35 a 7,20 (*Winter, Guerizoli*).^{10,11}

En el PCO₂ nosotros encontramos un valor de 37,54 ± 6,189 mm Hg en reposo, cifra que está por debajo de la señalada por *Siggaard*² *Andersen* como normal (41,2), aunque está dentro del margen señalado por el autor como de normalidad —35,8 hasta 46,6 mm Hg.

Este valor durante la carga descendió hasta llegar durante el último minuto de la última carga a 32,950 ± 6,666 mm Hg.

*Havel*¹² y *Skrans* señalan haber encontrado como promedio PCO₂ 28,9 después de cargas agotadoras.

*Hotz*¹⁵ y *Keibel* señalan después de fuertes cargas de trabajo valores del PCO₂ de 32,0 mm Hg.

*Seliger*¹³ registra un descenso del PCO₂ de 32,4 mm Hg a partir de un PCO₂ de 40,2 mm Hg en reposo.

*Parnat*¹⁶ en cambio, describe que después de cargas agotadoras no encontró cambios significativos con la cifra de reposo.

*Vanhara*¹¹ informa haber encontrado un aumento del PCO₂ después de cargas agotadoras con un PCO₂ de 38,6 mm Hg a partir de un valor de reposo de 37,1. El autor no fundamenta bien este resultado.

El bicarbonato estándar fue otro parámetro estudiado por nosotros y cuyo resultado en reposo fue de 23,510 ± 1,140 mEq/l. Esta cifra se encuentra dentro del promedio registrado por *Asstrup* como normal —20-25 mEq/l de plasma.

En el minuto final de la última carga llega a disminuir hasta 16,540 ± 2,167 mEq/l de plasma.

Havel y *Skrane*¹² observaron la disminución del BS después de cargas agotadoras hasta 9,1 mEq/l.

*Vanhara*¹¹ señala valores de BS después de cargas agotadoras de 14,2 mEq/l de plasma; este valor se acerca al encontrado en nuestro trabajo.

El exceso de base es un parámetro que se ve muy alterado como producto de la acidosis metabólica típica de las grandes cargas de trabajo.

En nuestro trabajo encontramos un valor en reposo de $EB-0,941 \pm 1,370$ mEq/l de plasma. Este valor fue señalado por *Siggaard-Andersen* como normal cuando es 0 ± 2 mEq/l de plasma, por lo que el encontrado por nosotros está dentro de la normalidad.

Durante la etapa final del último minuto de carga terminal, el valor del exceso de base llegó a valores de $10,100 \pm 2,920$.

*Vanhara*¹¹ informa haber encontrado valores de exceso de base 13,6 mEq/l de plasma después de cargas agotadoras. *Havel* y *Skrane*¹² después de cargas intensas de trabajo hasta 20,5 mEq/l de plasma.

*Bartak*¹³ informa haber encontrado EB-16,9 después de cargas intensas.

*Clauznitser*¹⁴ señala en su trabajo haber encontrado un EB-13,5 después de la carga intensa a que sometió a sus atletas.

La determinación del pulso $182,800 \pm 13,3$ nos plantea que los niños que practican polo acuático sometidos a cargas crecientes no llegaban realmente al agotamiento, pues hay autores, que registran pulsaciones de 196 por minuto *Morse*.¹⁵

Esto explica las diferencias encontradas por otros autores. Es justo señalar que la literatura científica que revisamos no plantea estudios en las edades analizadas por nosotros en nuestro trabajo. El grupo estudiado por *Seliger*¹⁶ es el que más se acerca y es de niños con 15 años de edad.

Nuestros parámetros de reposo están dentro de los límites normales, por lo que la edad no es un factor significativo para el equilibrio acidobásico.

SUMMARY

Mazorra, R. et al. *Acid-base equilibrium disorders at a maximum work load in children practicing water polo.* Rev Cub Ped 48: 1, 1976.

Twenty-two 11.4 year-old boys from the national pre-selection of water polo were examined in order to study acid-base equilibrium variations when they had achieved a subjective tolerance point after being submitted to a work load. Parameters studied were modified when they were compared to pre-load values which were within normal limits (pH: 7.2; PCO₂: 32.9; BS: 16.5; EB: 10.1; and pulse: 182.2) during the last thirty seconds before the end of the work load. Effort metabolic acidosis values were within those corresponding to sub-compensated acidosis (pH: 7.35 - 7.20).

RESUME

Mazorra, R. et al. *Altérations de l'équilibre acido-basique chez des enfants qui pratiquent le water-polo soumis à une charge maximale de travail.* Rev Cub Ped 48: 1, 1976.

22 enfants âgés de 11.4 ans, du sexe masculin de la présélection nationale de water-polo furent examinés pour mettre en évidence les variations de l'équilibre acido-basique après une charge tolérable de travail. Les paramètres étudiés subirent des modifications à partir des valeurs prises avant la charge dont les limites étaient normales jusqu'aux pH: 7.2; PCO₂: 32.9; BS: 16.5; EB-10.1 et pouls de 182.2 dans les 30" de la minute finale de la charge. Les valeurs trouvées peuvent placer l'acidose métabolique à l'effort dans les acidoses sous-compensées pH 7.35 à 7.20.

РЕЗУМЭ

Мазорра Р., и др. Нарушения щелочно-кислотного баланса у детей практикующих водное поло при максимальном нагрузке работы. *Rov Sov Ped* 48: 1, 1976.

Обследовали 24 детей 11-14 лет возраста мужского пола национальной команды с целью наблюдения отклонения щелочно-кислотного баланса после того как они подвергнутся нагрузке до их субъективно допустимой. Изучение показателей подвергалось и изменением исходя из значений которые были приняты до нагрузки. Они были в норме до pH 7.2; PCO_2 32.9; BS 16.5; EB -10.1 и пульс 182.2 в течение 30" последнего минуты нагрузки. Полученные значения могут складываться ацидоза метаболизма среди подкомпенсированных ацидозах pH 7.35 до 7.20

BIBLIOGRAFIA

1. Neumann. Her tregueuz, Saure Basen-Haushalt intensivem Belastung *Med u. Sport* Vol 7: 206-209, 1970.
2. Osnes. Acid-base balance after maximal exercise of sport duration. *J Appl Physiol* 32: 59-63, 1, 1972.
3. Slike Van. *J Biol Chem* 48: 153-157, 1921.
4. Siggaard Andersen. A new acid-base nomogram. *Scand J Clin Lab Invest* 12: 177-186, 1960.
5. Astrup. The acid-base metabolism. A new approach. *Lancet* 1: 1035-1039, 1960.
6. Siggaard Andersen. Blood acid-base nomogram. *Scand J Clin Lab Invest* 15: 211-217, 1963.
7. Hermansen. Blood and muscle pH-after maximal exercise in man. *J Appl Physiol* 32: 304-308, 3, 1972.
8. Lønn. Changes in acid-base balance and blood gases during muscular activity and recovery. *J Appl Physiol* 14: 328-332, 3, 1959.
9. Seliger. Physical fitness of Czechoslovak children at 12 and 15 years old. *Acta Univ Carol (Med) (Praha)* 5: 75-76, 2, 1970.
10. Holmgren. Effect of temperature on arterial blood gas tensions and pH during exercise. *J Appl Physiol* 19: 243-245, 2, 1964.
11. Vanhara. Zmeny acido basicke rovnovahy po rychlostnim do vycerpani. *Teor. Praxe Tel Vych* 21: 493-500, 8, 1973.
12. Havel. Changes on the acid-base balance of the blood after repeated maximum exercise loads. *Physiol Bohemoslov.* Vol 20 No. 1 (19-25) 1971.
13. Winter. Acid-base physiology in medicine text-book second edition, 1969.
14. Guerizoli. Equilibrio acidobásico. Libro de texto, 1970.
15. Hotz. Gesichtspunkte tur die anwendung der Micro Astrup Methode zur Bestimmung des Saure-Bases status bei sportmedizinischen Untersuchungen. *Med und Sport* Vol Ld 55-58 3/4 1968.
16. Parnat. Indexes of acid-base balance during intensive muscular work. *Fisiol Zur CCR* 57: 1717-1722, 11, 1971.
17. Bartak. Blood acid-base status change during oxygen debt payment. *Physical fitness text-book* (184-187) Prague 1973.
18. Clausnitzer. Das verhalten der saure-basen parameter im kapillarblut nach tahradergometrischen ausbelastung bei sportlern. *Med Und Sport* 9: (20-25), 1, 1969.
19. Morse. Relation of age to physiological response of the older boy (10-17 years) to exercise. *Appl Physiol* 1: 683, 1949.

Recibido el trabajo: enero 31, 1975.