

## Capacidad aeróbica máxima de trabajo con niños que practican polo acuático

Por los Dres.:

RAUL MAZORRA,\* GILBERTO ANTE,\*\* HILARIO SANCHEZ\*\*

Mazorra, R. et al. *Capacidad aeróbica máxima de trabajo con niños que practican polo acuático*. Rev Cub Ped 48: 1, 1976.

La potencia aeróbica máxima se calcula midiendo el máximo consumo de oxígeno alcanzado durante la ejecución de una carga de trabajo. En el trabajo se utilizó el método indirecto del profesor *Karpmán* para medir el máximo consumo de oxígeno a partir del PWC y con el empleo de la fórmula:  $V_{O_2} \text{ máx./litro} = PWC170 \times 1.7 + 1420$ . Se estudiaron 47 niños de la Escuela Provincial de Polo y 29 niños de la selección para los juegos escolares. Este método indirecto es muy práctico y fácil de ejecutar independientemente del medio que lo rodea. El cálculo del PWC170 y el  $V_{O_2}$  máx. nos presenta un método sencillo y práctico para realizar un control médico del entrenamiento en la consulta; y además es un método que pueden emplear nuestros pediatras para conocer cuáles son las posibilidades de rendimiento físico que tienen nuestros hijos, conocimiento que es muy útil en la atención del niño supuestamente sano.

### INTRODUCCION

La potencia aeróbica máxima se calcula midiendo el consumo máximo de oxígeno alcanzado durante la ejecución de un ejercicio muscular dinámico. Esta medición se puede hacer directa o indirectamente.

El método directo consiste en la ejecución de cierta carga de trabajo de intensidad creciente y en la determinación del  $V_{O_2}$  máx., a partir del nivel en que el consumo de  $O_2$  deja de aumentar aunque continúe aumentando el esfuerzo (*Astrand*).<sup>1</sup> medido éste por analizadores especiales.

El nivel que alcanza el consumo de oxígeno se utiliza como criterio del valor máximo cuando el aumento sea menos de 2 ml kg min como respuesta al incremento de la carga (*Hedman*).<sup>2</sup>

También se señala que el máximo consumo de oxígeno se establece cuando entre dos cargas de trabajo no hay una diferencia en el consumo de oxígeno de más de 150 ml (*Taylor*).<sup>3</sup>

El método indirecto consiste en establecer una relación lineal entre el número de pulsaciones y el consumo de  $O_2$ , medido en el momento en que el metabolismo, la circulación y la respiración se estabilizan con un trabajo submáximo y después extrapolando hasta la frecuencia cardíaca máxima.

*Sjostrand*<sup>4</sup> y otros autores señalaron que entre la frecuencia de las contracciones cardíacas y la potencia del traba-

\* Laboratorio de fisiología respiratoria. Instituto de medicina deportiva. Habana 6.

\*\* Residente de medicina deportiva.

jo ejecutado existe una dependencia lineal, por lo que señaló que a las 170 pulsaciones se produce el régimen óptimo de trabajo del aparato cardiovascular, lo que permite valorar la capacidad física de trabajo (PWC170).

El consumo de oxígeno surge durante un trabajo muscular suficientemente intenso y prolongado; dicho consumo va a dar una intensificación significativa a los sistemas vegetativos del organismo y muy especialmente a los sistemas respiratorio y circulatorio (Astrand).

En relación con esto la determinación del consumo máximo de oxígeno es sumamente importante por determinar la adaptación al entrenamiento (Mazorra).

La determinación del consumo máximo de oxígeno por vía indirecta es un método práctico de gran utilidad y muy fácil de desarrollar.

Este método fue establecido por primera vez, por Astrand<sup>2</sup> y Ryhming en 1954 basados en el nomograma previamente establecido y fundamentado en la interrelación lineal entre la frecuencia de las contracciones cardíacas y la magnitud del consumo de oxígeno durante el trabajo.

Posteriormente, Margaria<sup>3</sup> estableció otro nomograma basado en la toma del pulso resultante de las 2 cargas de trabajo.

Así como el test de B. Balke<sup>4</sup> donde no sólo se tiene en cuenta el pulso sino la tensión arterial. También en la literatura médica mundial se observa la fórmula de Dobeln<sup>5</sup> para la determinación indirecta del consumo de oxígeno, basada en la frecuencia cardíaca, la intensidad de la carga y la edad de la persona.

La capacidad física de trabajo y el máximo consumo de oxígeno guardan una gran interrelación y esto permitió el establecimiento de la fórmula del profesor Karpman<sup>6</sup> para la determinación por vía indirecta del máximo consumo de oxígeno, a partir del PWC120, que fue el método utilizado en nuestro trabajo.

Este trabajo se realizó con 47 niños, de la Escuela Provincial de Polo, que practican este deporte en edades comprendidas entre 10 y 12 años, los cuales fueron estudiados en dos etapas distintas de su ciclo de entrenamiento, que comprende el curso escolar, a mediados y al final. El estudio consistió en someterlos a un trabajo en el velergómetro, con cargas equivalentes a 150 Kpm con una duración de 5 min. y una pausa de 3 min., seguido de una segunda carga equivalente a 300 Kpm con una duración de 5 min. También se estudiaron 29 niños, de la selección que representaría a la provincia en los Juegos Escolares de Polo Acuático, en edades comprendidas entre 10 y 12 años, los cuales estaban bajo un entrenamiento más intenso por lo que se le aumentó la carga a 300 Kpm y 450 Kpm.

Se estudió el máximo consumo de oxígeno por el método indirecto con la fórmula del profesor Karpman<sup>6</sup> de la URSS.

$$V_{O_2} \text{ máx.} = PWC170 \times 1.7 + 1\ 240$$

El PWC170 fue calculado a partir de la fórmula de Sjostrand<sup>7</sup> modificada por Karpman.

$$PWC170 \text{ (en kgm)} =$$

$$N_1 + (N_2 - N_1) \left( \frac{170 - F_1}{F_2 - F_1} \right)$$

$N_1 = 1$  carga en watt

$N_2 = 2$  carga en watt

$F_1 =$  pulso 1<sup>a</sup> carga

$F_2 =$  pulso 2<sup>a</sup> carga

Como el velergómetro utilizado fue el tipo mecánico "Monark", en el que la carga está dada en Kp, se hizo la conversión a base de 1 watt = 6.12 Kpm.

El pulso radial fue tomado en reposo, en el antebrazo derecho, en todos los pacientes y en los 30 segundos últimos del minuto final de cada carga, fue tomada la frecuencia cardíaca central con el estetoscopio.

El ritmo de pedaleo marcado con el metrónomo fue de 50 revoluciones por minuto.

#### RESULTADOS

Como resultado de nuestras observaciones tenemos que en el Cuadro I mostramos los resultados de los parámetros estudiados, en las dos etapas del entrenamiento, durante el año escolar. Los parámetros estudiados fueron peso; pulso en reposo; pulso en la primera carga; el pulso como resultado de la 2ª carga de trabajo; el PWC y el V02 máx. absoluto, por kg de peso.

En los niños de la Escuela Provincial de Polo con edad promedio de 10,2 años, los valores del PWC170 fue de 559 kgm en la primera etapa, y de 567,8 kgm en la siguiente etapa del entrenamiento. El máximo consumo de oxígeno por kilo de peso en la primera etapa del entrenamiento fue de 57,1 ml/kg/min. y en la 2ª etapa resultó de 58,1 ml/kg min. El PWC por kilogramo de peso nos señala un valor de 15,2 kgm/kg y de 15,1 en la segunda etapa (cuadro I).

En la selección que representaría a la provincia en los juegos escolares en la categoría de 11 y 12 años, con un promedio de edad de 11,4 años, el PWC170

CUADRO I

	1ª ETAPA		2ª ETAPA	
	n = 47		n = 41	
	X	S		
Edad	10,2	1,2	10,2	1,2
Peso	37,0	4,7	38,9	7,1
PWC kg	15,2	6,1	15,1	3,6
V02 máx./kg min.	57,1	13,3	58,1	9,0
V02 máx. min.	2 177,0	352,4	2 205,2	228,9
PWC 170	559,1	202,8	567,8	134,7

CUADRO II

	PROVINCIAL		SELECCION	
	n = 41		n = 29	
	X	S		
Edad	10,2	1,2	11,4	0,7
Peso	38,9	7,1	40,7	6,6
PWC 170 kg	15,1	3,6	14,2	2,6
V02 máx. kg	59,1	3,0	59,3	7,6
V02 máx.	2 205,2	228,9	2 210,5	178,2
PWC 170	567,8	134,7	571,0	104,9

fue de 571 kg y el máximo consumo de oxígeno por kilo de peso fue 59,3 ml/kg/min. en la siguiente etapa del entrenamiento (cuadro II).

Existió una alta correlación entre el PWC170 y el V02 máx. en los 2 grupos estudiados.

Grupo 1: Fue significativo para  $P < 0,05$  los valores encontrados en la selección sobre la Escuela Provincial, en la primera etapa del entrenamiento, pero no lo fueron en la segunda etapa en ninguno de los parámetros estudiados. Siendo significativo para  $P < 0,05$  los valores encontrados en la segunda etapa del entrenamiento con respecto a la primera etapa en el peso, el PWC170, V02

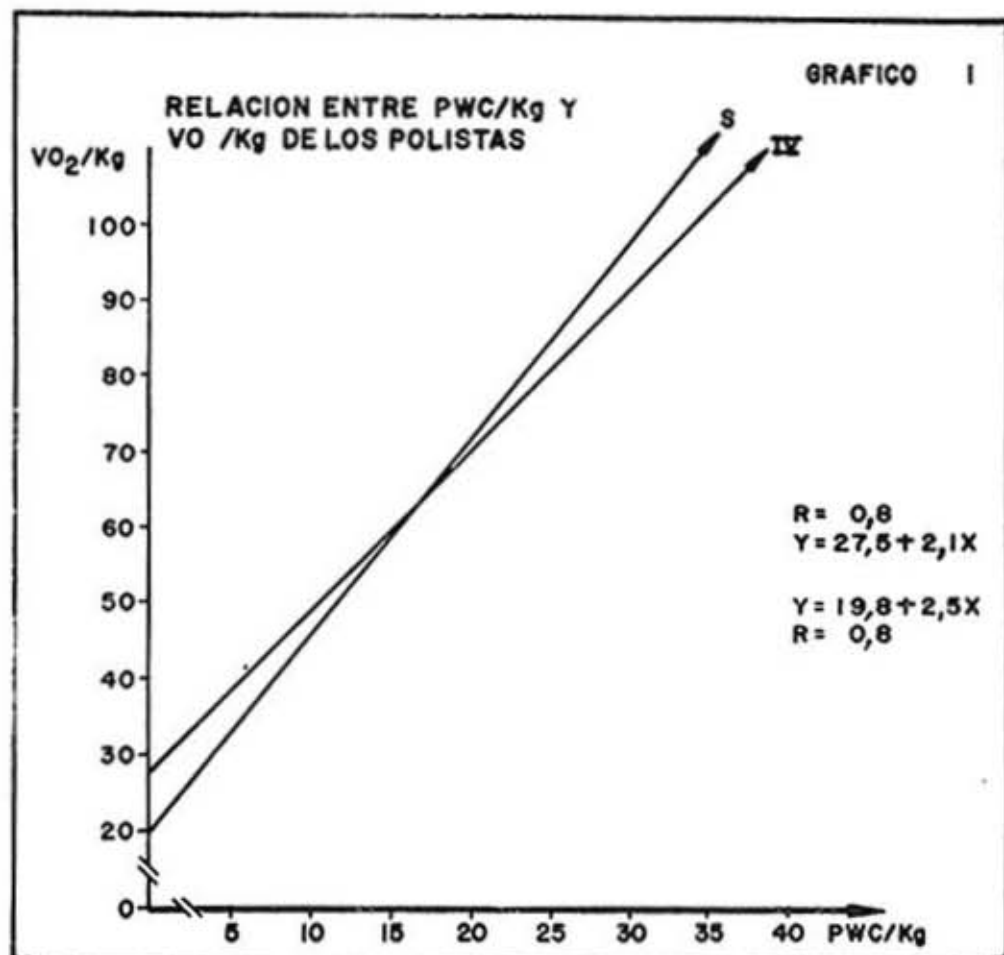
máx./min. y el V02 máx./kg/min., en los niños de la Escuela Provincial de Polo.

#### DISCUSION

Es evidente que mientras mayor sea el PWC170 mayor será el trabajo muscular que puede realizar un sujeto, por lo tanto mayor será su capacidad física de trabajo.

El máximo consumo de oxígeno de un individuo da la medida de su capacidad máxima aeróbica de trabajo (Astrand).<sup>12</sup> En el gráfico 1 se puede observar la alta correlación para  $R=0,8$  existente entre el PWC kg y el V02 máx./kg/min.

El atleta entrenado se distingue del no entrenado por variaciones relevantes



de varios componentes del sistema de transportación del oxígeno y esto es válido en el análisis de la capacidad aeróbica de trabajo.

(Astrand),<sup>11</sup> siendo bien conocido que el entrenamiento físico aumenta la capacidad funcional durante la pubertad (Ekblom).<sup>14</sup>

En nuestro trabajo los niños que practican polo acuático tuvieron un consumo de oxígeno de 58.1 ml/kg/min. y los de la selección de polo para los juegos escolares, tuvieron un consumo de oxígeno de 59.3 ml/kg/min.; no hubo significación estadística para  $P < 0.05$ .

En la literatura encontramos valores de 30 a 40 ml/kg/min. en los niños de 11 años que no practican deportes (Hedman,<sup>2</sup> Yañez,<sup>12</sup> Seliger,<sup>16</sup> Knutten).<sup>17</sup>

En Norteamérica y Canadá se reportan para niños entre 10 y 12 años de edad 46 a 52 ml/kg/min. que no practican deportes (Cummings).<sup>15</sup>

Astrand<sup>13</sup> informa hasta 56 ml/kg/min. en un rango de 12 a 16 años el cual es demasiado amplio. También Wilmore<sup>18</sup> reporta 59.5 ml/kg/min. en edades de 7 a 13 años, el cual también es muy amplio, en niños que no practican deportes.

Macek<sup>20</sup> y Seliger<sup>21</sup> reportan en niños de 11 y 12 años que practican deportes 47 ó 50 ml/kg/min.

Yañez<sup>12</sup> plantea en su trabajo de tesis en niños cubanos deportistas, de 11 y 12 años de edad, valores de 39.8 a 40.6 ml/kg/min.

Nosotros encontramos valores sustancialmente más altos que los informados por otros autores, lo que nos plantea que el grupo estudiado tiene una buena capacidad aeróbica de trabajo, que es el resultado de un intenso entrenamiento, lo que está de acuerdo con el planteamiento de Macek,<sup>20</sup> sobre que el consumo de oxígeno está relacionado directamente con la intensidad del ejercicio, por lo tanto un aumento en la demanda energética provoca un aumento del  $\dot{V}O_2$  máx./kg/min.

Por lo tanto, el consumo máximo de oxígeno es considerado el mejor indicador para valorar la capacidad aeróbica de trabajo (Miyamura).<sup>22</sup>

Nosotros fundamentamos la comparación de nuestros resultados con otros autores por lo planteado por Wyndham,<sup>23</sup> el cual señala no haber encontrado diferencias significativas entre la determinación del  $\dot{V}O_2$  máx. por vía indirecta y el método directo.

Es fundamentalmente importante atender lo planteado por Wahlund,<sup>24</sup> en 1948, el cual señaló que la frecuencia cardíaca de 170 es el límite de tolerancia para una alta *performance* durante un tiempo largo de trabajo; él señaló conjuntamente con Sjostrand<sup>4</sup> que ésta es la frecuencia óptima de trabajo para cargas submaximales, lo cual es la base del test PWC170.

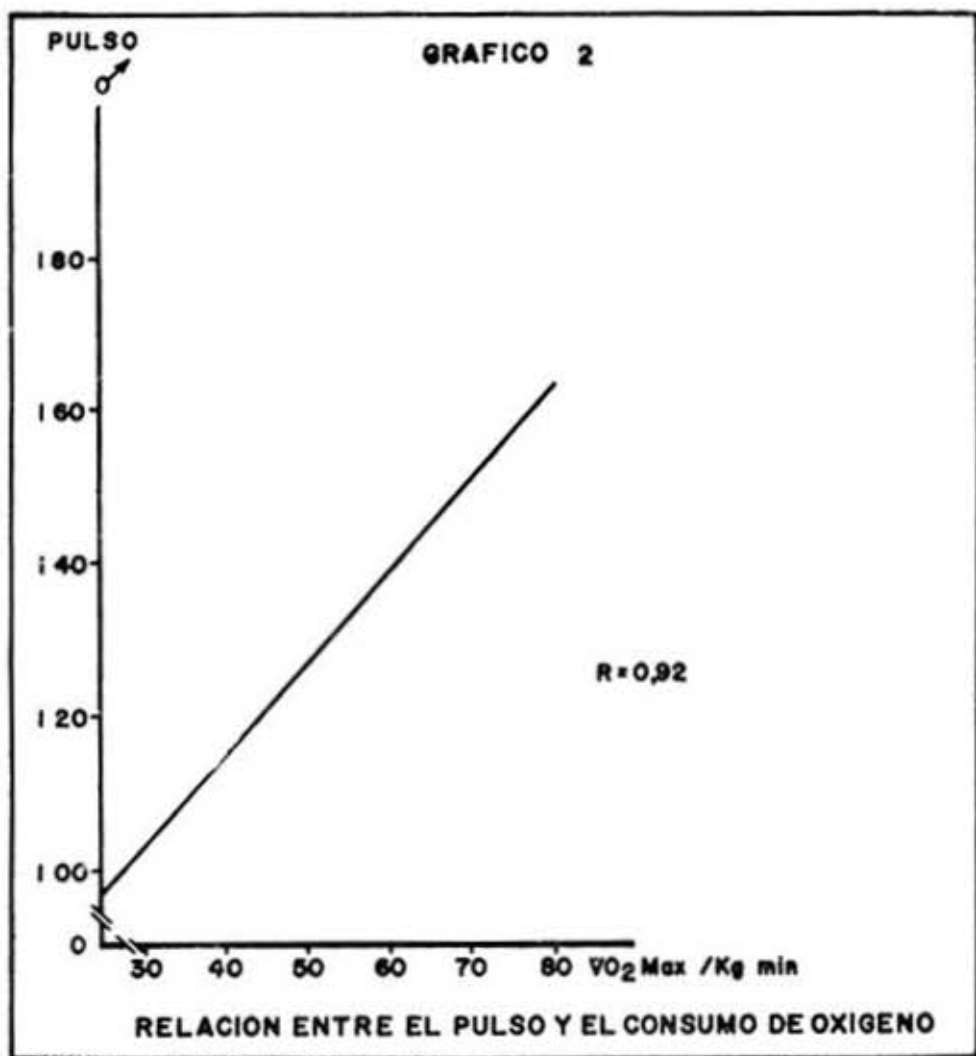
Nosotros encontramos una alta correlación entre la frecuencia del pulso y el  $\dot{V}O_2$  máx./kg/min. para un  $R=0.92$  lo que está de acuerdo con lo planteado por otros autores (Astrand,<sup>5</sup> Taylor,<sup>3</sup> Macek)<sup>26</sup> (gráfico 2).

Los jugadores de polo acuático, estudiados por nosotros, en edades de 10.2 a 11.4 tuvieron un PWC170 de  $567.8 \pm 134.7$  kgm los de la Escuela Provincial, y un PWC170 de  $571.0 \pm 10.4$  kgm los seleccionados para los Juegos Escolares Nacionales; no existió una diferencia significativa para  $P < 0.05$ .

Estos valores son superiores a los informados por Yañez<sup>12</sup> para deportistas cubanos de la misma edad, él señala un PWC170 de  $515 \pm 5.5$  kgm.

En Suecia y Norteamérica se han informado valores de PWC170 de 630 a 650 kgm en niños de la misma edad que no practican deportes (Cummings).<sup>15</sup>

Los valores de PWC170 comunicados en este trabajo no están muy lejos de los informados por otros autores, pero nos plantea la necesidad de aumentar cada día más la capacidad aeróbica máxima de trabajo para lograr mayores rendimientos.



El conocimiento de la capacidad aeróbica máxima de trabajo de nuestros niños es muy importante y, actualmente, va aumentando el interés en los pediatras, para el estudio de los cambios funcionales cardiorrespiratorios ocasionados por el entrenamiento sistemático, por su influencia en la salud del niño.

El estudio de la capacidad aeróbica máxima de trabajo, a partir de la deter-

minación del máximo consumo de oxígeno, por vía indirecta y el PWC170 nos presenta un método sencillo y práctico a la vez para realizar un control médico del entrenamiento deportivo y, a su vez, puede ser utilizado por nuestros pediatras para conocer cuáles son las posibilidades de rendimiento físico que tienen nuestros niños.

## SUMMARY

Mazorra, R. et al. *Maximum aerobic capacity at work in children practicing water polo.* Rev Cub Ped 48: 1, 1976.

Maximum aerobic capacity is determined through the oxygen maximum consumption achieved during the performance of a work load. Profesor *Korpmán's* indirect method was used in this work in order to measure oxygen maximum consumption from PWC applying the formula  $\text{max } \dot{V}O_2/l = \text{PWC } 170 \times 1.7 + 1420$ . Forty-seven children from the Water Polo Provincial School and 29 children from the national selection for school games were studied. This is a practical indirect method which is easily carried out regardless the environment surrounding the athlete. PWC 170 and max  $\dot{V}O_2$  calculations are easy and practical measurements in the medical control of training at the consulting room: they can be used by pediatricians in the assessment of physical efficiency possibilities in apparently healthy children.

## RESUME

Mazorra, R. et al. *La capacité aérobie maximale chez des enfants qui pratiquent le water-polo.* Rev Cub Ped. 48: 1, 1976.

La puissance aérobie maximale est calculée en mesurant la consommation maximale d'oxygène atteinte pendant l'exécution d'un charge de travail. La méthode indirecte du professeur *Korpmán*, a été utilisée pour mesurer la consommation maximale d'oxygène à partir du PWC) emploi de la formule:  $\dot{V}O_2 \text{ max/litre} = \text{PWC } 170 \times 1.7 + 1420$ ). Cette étude porte sur l'analyse de 47 enfants de l'École provinciale de water-polo et 29 enfants sélectionnés pour participer aux jeux scolaires. Cette méthode indirecte est très pratique et facile à exécuter, indépendamment du milieu. Le calcul du PWC 170 et du  $\dot{V}O_2 \text{ max.}$ , nous procure une méthode simple et pratique pour le contrôle médical de l'entraînement. D'ailleurs, c'est une méthode qui peut être utilisée par le pédiatres pour connaître les possibilités physiques des enfants.

## РЕЗЮМЕ

Мазорра Р., и др. Максимальная аэробная трудоспособности у детей практикующих водное поло. Rev Cub Ped 48:1,1976.

Максимальная аэробная мощность определяется измерением максимальной потребности кислорода при проведении рабочих усилий. На этом труде применялся посредственный метод профессора Карпмана для измерения максимальной потребности кислорода исходя из PWC и применяя такой формул:  $\dot{V}O_2 \text{ макс/литр} = \text{PWC } 170/1.7+1420$ . Изучили 47 детей провинциальной школы поло у 29 детей отобранных для школьных игр. Этот метод является очень практичным и очень легко их примененных независимо от окружающей среды. Определенке PWC 170 и максимальная  $\dot{V}O_2$  представляет простой и практический метод для медицинского контроля тренировки при консультации; кроме того является методом, который смогут применять наши педиатры-- чтобы познакомиться с возможностями физической производительности наших детей, что слишком полезно при обслуживании подозрительно здоровых детей.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Astrand*. Physical training. Text-book of work physiology 1970.
2. *Hedman*. The maximum oxygen intake. Bull WHO 28: 757-764, 1968.
3. *Taylor*. Maximal oxygen uptake as objective measure of cardiorespiratory performance. J Appl Physiol 8: 73-80, 1955.
4. *Sjostrand*. Change in respiratory organs of working at an ore smelting works. Acta Med 198: 687-699, 1947.
5. *Astrand*. Cardiac output during submaximal and maximal work. J Appl Physiol 19: 268, 1964.

6. *Mazorra*. El máximo consumo de oxígeno para valorar el entrenamiento. Bol Científ. Téc. INDER 16: 9-17, 1-2, 1970.
7. *Astrand*. Nomograma for calculation of aerobic capacity from pulse rate, during submaximal work. J Appl Physiol 7: 218, 1954.
8. *Margaria*. Indirect determination of maximal O<sub>2</sub> consumption. J Appl Physiol 20: 1070-1073, 1965.
9. *Balke, B.* Compatibility of progressive treadmill bicycle and step test based on oxygen uptake responses. Medicine Sci Sports 3: 149-154, 4, 1971.
10. *Dobeln*. An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. J Appl Physiol 22: 934, 5, 1967.
11. *Karpman*. Rabotaspasobnosti y sportivnoi medicinic. Klinike. Sov Med (Moskva) 103-109, 1971.
12. *Astrand*. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard. Copenhagen 1952.
13. *Astrand*. Aerobic work capacity during maximal performance. Circulation 20: Supp 1, 202, 1967.
14. *Eklom*. Effect of physical training in adolescent boys. J Appl Physiol 27: 350-355, 1969.
15. *Yañez*. Tesis de candidato a ciencias biológicas. Moscow, 1974.
16. *Selliger*. Physiological problems of endurance. Teor. Praxe Tel Vych 21: 217-223, 4, 1973.
17. *Knutten*. Aerobic capacity of adolescents. J Appl Physiol 22: 655, 1967.
18. *Cummings*. Current levels of fitness. Canad Med Assoc 96: 868-871, 1967.
19. *Wilmore*. PWC of young girls. J Appl Physiol 22: 923, 5, 1967.
20. *Macek*. The cardiopulmonary and metabolic changes during exercise in children. J Appl Physiol 30: 2, 1971.
21. *Seliger*. Physical fitness indexes for CSSR athletes of 12 years age. Physical Fitness Text-Book 356-361, Prague, 1973.
22. *Miyamura*. O<sub>2</sub> intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle ergometer. J Appl Physiol 32: 2, Feb, 1972.
23. *Wyndhan*. Submaximal test for estimating maximal oxygen intake. Canad Med Assoc 96: 736, 12, 1967.
24. *Wahlund*. Determination of physical working capacity. Acta Med Scand (Suppl 215), 1948.

Recibido el trabajo: enero 31, 1975.