

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS MEDICAS. SANTIAGO DE CUBA

Determinación de la eficiencia física en adolescentes entrenados

Por los Dres.:

WILKIE DELGADO²², JUAN CASTELLANOS²³ y VLADIMIR LEBEDEV²⁴

y los colaboradores:

ERMELIO FERRA²⁵, DORA FERRER^{****}, MARLEN GORGUET^{****},
ELENA AMIGO^{****} y MABEL SOTO²⁶

Delgado, W. y otros. *Determinación de la eficiencia física en adolescentes entrenados*. Rev Cub Med 19: 5, 1980.

Se realiza un estudio en un grupo de 30 adolescentes, entrenados, 15 de baloncesto y 15 de voleibol, cuya edad promedio fue, respectivamente, de $15,2 \pm 0,65$ y de $15,8 \pm 1,3$, con el objetivo de determinar su eficiencia física y establecer comparaciones con el método directo y otros métodos indirectos. Se utiliza un tipo de prueba veloergométrica de multietapas discontinuas con cargas submáximas crecientes. El tiempo de ejercicio y de recuperación fue de 6 minutos para cada una de las etapas. Se obtuvo una eficiencia física de $1\ 000 \pm 141$ Kpm/mn para el grupo de baloncesto y de $900 \pm 154,91$ para el grupo de voleibol. Se discuten los métodos indirectos y se establecen conclusiones al respecto.

INTRODUCCION

La determinación de la eficiencia física en niños y adolescentes por medio de pruebas de ejercicio ha cobrado una importancia creciente en los últimos meses¹.

Tanto desde los puntos de vista de la fisiología, la pediatría, la medicina deportiva y del trabajo, así como de la salud pública, tiene un interés especial la valoración de la capacidad de trabajo físico de esta población y la correspondencia que ella presenta con su estadio de desarrollo. Es por eso que su significación abarca aspectos tales como la formación educacional general, la promoción de la salud, la utilización de métodos de entrenamiento, terapéuticos y de rehabilitación.

Las pruebas ergométricas constituyen medios valiosos para evaluar las fases de entrenamiento y el rendimiento físico individual de los atletas; de ahí que resulten también idóneas para los adolescentes entrenados.

²² Profesor auxiliar. Candidato a doctor en Ciencias. Especialista en fisiología, ISCM, Stgo. de Cuba.

²³ Especialista en cardiología. Hospital Provincial Docente de Stgo. de Cuba.

²⁴ Candidato a doctor en Ciencias Médicas. Instituto de Medicina Yaroslav, URSS.

²⁵ Interno de fisiología, Facultad de Ciencias Médicas.

²⁶ Técnico de los departamentos de fisiología y cardiología.

Se han realizado algunos estudios sobre pruebas ergométricas por distintos autores.²⁷

Actualmente se realizan esfuerzos en el sentido de establecer pruebas ergométricas estándares, reconocidas internacionalmente como medio de enfrentar la diversidad metodológica de las mismas, que permitan una mejor comparación entre los resultados obtenidos.^{1,8,9}

Los estudios ergométricos comenzaron a aplicarse en nuestro país en 1972 como método evaluativo y diagnóstico¹⁰. A partir de entonces se han realizado algunos trabajos sobre ergometría en población adulta sana y enferma y con estados ocupacionales diversos^{10 14}. Sin embargo, en la literatura revisada no hemos encontrado referencias a trabajos realizados en adolescentes deportistas.

Por estas razones, nuestra investigación se fundamenta en lo anteriormente señalado y en el hecho de que el fomento de la práctica deportiva sistemática al nivel de los centros escolares y especialmente en el de las escuelas especiales (EIDE) son basamento de un desarrollo mejor de los deportes en las categorías juveniles y de adultos.

El presente trabajo tiene como objetivo la determinación de la capacidad para el trabajo físico en adolescentes entrenados y la evaluación de algunos métodos indirectos recomendados.

METODOS

Se estudiaron 30 deportistas, 15 de baloncesto con edad de $15,2 \pm 0,65$ años y 15 de voleibol con edad de $15,8 \pm 1,3$ años, todos procedentes de la EIDE de Santiago de Cuba.

Las pruebas ergométricas fueron realizadas en el hospital provincial docente "Saturnino Lora".

Tomando en consideración los objetivos generales de la investigación se diseñó el modelo experimental correspondiente.

Luego de los estudios realizados a los sujetos en las posiciones supina, senta-

do y ortostática, éstos se colocaron en el veloergómetro marca Siemens-Elema, donde realizaron una prueba de multietapas discontinuas con cargas submáximas crecientes de 300, 600, 900, y 1 200 Kpm/mn, cuyo límite dependió de la capacidad individual de los sujetos. Las etapas de ejercicio y de recuperación con cada una de las cargas, fueron de 6 minutos. Todo el proceso experimental con cada sujeto tuvo una duración de 2 a 3 horas.

Los registros electrocardiográficos fueron realizados con un electrocardiógrafo NEK 215 de la RDA. Se utilizó un monitor marca Siemens-Elema en cuya pantalla se siguieron las características del electrocardiograma y el registro de la frecuencia cardíaca. Para la determinación de la frecuencia cardíaca también fue empleado un pulsotacómetro soviético modelo 084 K con extensión digital. Los datos sobre la frecuencia cardíaca tanto en las etapas de ejercicio como de recuperación fueron tomadas en los períodos del segundo al tercer minuto y del quinto al sexto minuto, mientras que los registros electrocardiográficos fueron realizados durante el primer y segundo minutos inicialmente, y luego durante el tercer y cuarto minutos.

Considerando que se ha establecido internacionalmente que para cargas submáximas se valore la eficiencia física del hombre por la intensidad del trabajo físico que es posible realizar con un aumento de la frecuencia cardíaca hasta el valor de 170^{1B} , decidimos utilizar dos métodos indirectos recomendados tanto para establecer el pronóstico, como para calcular la eficiencia física en el caso de que se sobrepasara el antedicho valor de la frecuencia cardíaca, como consecuencia del diseño experimental puesto en práctica. Estos métodos fueron el de extrapolación y el del cálculo a través de una fórmula.

El primer método consistió en la representación gráfica de las variables frecuencia cardíaca y carga (Kpm/mn) en los ejes de las ordenadas y abscisas, respectivamente. Utilizando los dos o

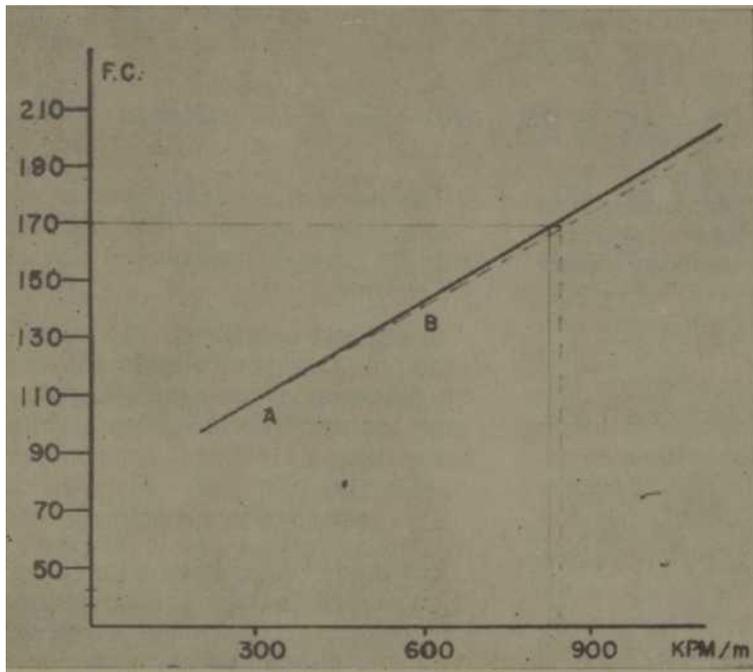


Gráfico 1

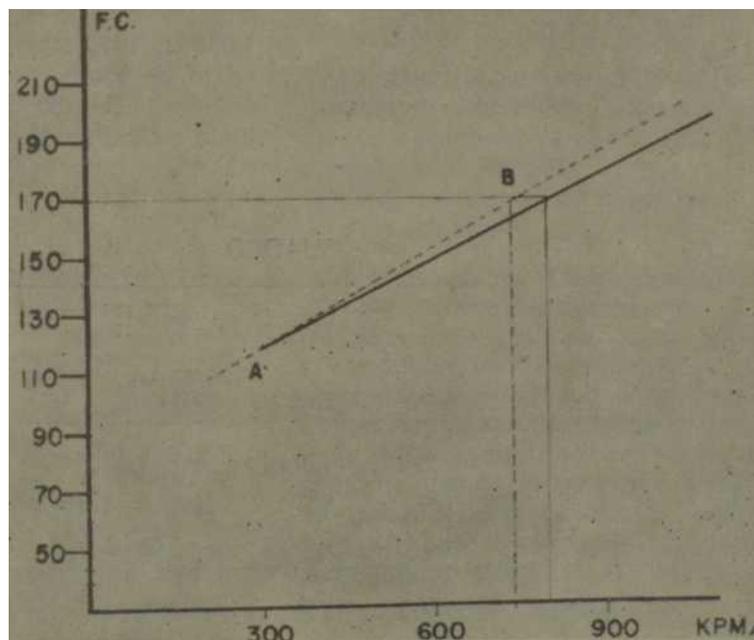


Gráfico 2

tres primeros valores de estas variables, obtenidos directamente durante la ejecución de la prueba veloergométrica, se realiza la extrapolación para el valor de 170 de la frecuencia cardíaca y de los Kpm/mn correspondientes. Se usa-

ron por tanto dos modalidades en este método de extrapolación (gráficos 1 y 2).

El segundo método consistió en el cálculo de la eficiencia física según la

formula recomendada por *Karpman*¹⁵,
que consiste en:

$$CTF\ 170 = NI + (N2$$

Esta fórmula se fundamenta en la correlación lineal existente entre las dos variables ya mencionadas donde N1 = 1ra. carga en Kpm/mn; N2 = 2da. carga en Kpm/mn; f1 = frecuencia cardíaca correspondiente a N1 y f2 = frecuencia cardíaca correspondiente a N2; esto es válido para las fórmulas 1 y 2.

Realizando un análisis de los elementos de esta fórmula y, además, de nuestro diseño experimental, decidimos formular una variante para la misma, consistente en lo siguiente:

$$CTF\ 170 = N2 \quad)\ (2)$$

En esta variante se conservan los elementos básicos de las variables obtenidas directamente de nuestra experimentación.

Por lo tanto utilizamos también dos modalidades para este método de cálculo por fórmula.

Los datos fueron procesados en una computadora marca SHARP en la Sección de Computación de la Universidad de Oriente.

El análisis estadístico se realizó aplicando el *test* de correlación o el *test* de Student, según sus especificidades. La representación de los datos se hizo en los gráficos y cuadros correspondientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos promedios obtenidos sobre la capacidad de trabajo físico de los grupos de deportistas estudiados por los métodos: directo, de extrapolación y de cálculo según fórmula, aparecen en el cuadro. La capacidad física para el trabajo expresada en Kpm/mn siguiendo nuestro diseño experimental, fue de $1\ 000 \pm 141,42$ para el grupo de baloncesto, de $900 \pm 154,91$ para el grupo de voleibol y de $950 \pm 156,52$ para el conjunto de los 30 deportistas. Las diferen-

CUADRO							
Deportistas	R	CTF Kpm/mn	FC/mn	CTF 170 por extrapolación		CTF 170 por fórmula	
				Kpm/mn (1)	Kpm/mn (2)	Kpm/mn (1)	Kpm/mn (2)
Baloncesto	\bar{X}	1 000,00	181,70	867,14	911,33	1 106,14	852,85
	15 S	141,42	8,33	151,01	150,76	358,26	179,18
	P	+		< 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Voleibol	\bar{X}	900,00	180,80	773,86	838,00	1 253,86	934,53
	15 S	154,91	8,40	194,33	161,66	976,41	580,57
	P	+		> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Total	\bar{X}	950,00	181,30	818,89	877,28	1 151,51	865,30
	30 S	156,52	8,80	180,87	160,15	728,39	459,22
	P	+		< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05

cias entre estos valores no resultaron estadísticamente significativas.

La frecuencia cardíaca promedio alcanzada como consecuencia del esfuerzo físico correspondiente fue de $181,70 \pm 8,33$ en el grupo de baloncesto; de $180,80 \pm 8,40$ en el grupo de voleibol; y de $181,30 \pm 8,80$ en el total de deportistas. Las diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

Los resultados obtenidos por el método de extrapolación y su nivel de significancia estadística con respecto a los resultados anteriores, expresan los valores en Kpm/mn calculados para una frecuencia cardíaca de 170. Estos datos y más específicamente los contenidos en la columna 2, son los valores más aproximados del valor real de la capacidad para el trabajo físico considerando como límite dicha frecuencia cardíaca.

Los resultados obtenidos por el método de cálculo por fórmula, siguiendo las modalidades (1) (2), y sus niveles de significancia estadística en comparación con el método directo, expresan también los valores calculados para la frecuencia de 170. Se logró una aproximación mejor con respecto a los valores obtenidos por el método directo y de extrapolación con la variante (2) de la fórmula.

En las fórmulas observamos dos ejemplos del cálculo de la CTF 170 utilizando las dos variantes de extrapolación, es decir, utilizando respectivamente los 1 y 3 primeros lugares obtenidos directamente de las experiencias individuales de los sujetos. Su análisis permite extraer conclusiones sobre el comportamiento de los cálculos en ambos casos.

La correlación entre las variables carga Kpm/mn y frecuencia cardíaca (pulsaciones/mn) se estableció separadamente con los datos obtenidos al tercer y sexto minutos de etapas de ejercicio. Los coeficientes de correlación fueron respectivamente de 0,813 y de 0,834. Ambos resultados fueron muy significativos ($p < 0,01$).

Realizando un análisis de los datos aportados, podemos señalar que la carga

impuesta individualmente a los deportistas conllevó en determinados casos a que se sobrepasara el límite de 170 de la frecuencia cardíaca. Esto determinó que el comportamiento del valor promedio de ese indicador oscilara en un rango de 180 a 181 pulsaciones/mn. Sin embargo, este valor es óptimo para el trabajo del sistema cardiovascular, según señala *Karpman*¹⁵.

Un aspecto que debe destacarse es que las cargas dosificadas resultaron submáximas, pues el límite máximo de frecuencia cardíaca para estos sujetos está por encima de 200 pulsaciones/mn.

La CTF en los adolescentes entrenados que hemos estudiado están muy por encima de los obtenidos por *Erikson y Koch*¹⁶ tanto en lo que se refiere a los valores submáximos y máximos que informan, si bien debemos aclarar que su estudio se realizó en niños entre 11 y 13 años. *Shephard et al*⁶ con otro método ergométrico señala valores de frecuencia cardíaca máxima de 193 en una población de la misma edad.

*Troya y Santana*¹⁰ informaron un valor de 900 Kpm/mn para una frecuencia cardíaca promedio de 180,63 en un grupo de 30 sujetos con actividades ocupacionales diversas, con un rango de edades de 17 a 39 años.

En cierta forma resulta difícil establecer comparaciones rígidas entre los resultados obtenidos por otros autores, pues deben contemplarse entre otros los factores climáticos, características físicas de los individuos, tipo y metodología de la prueba ergométrica, etc. No obstante, debemos aclarar que si bien se han obtenido resultados comparables siguiendo los tipos de pruebas continuas y discontinuas, se ha comprobado que las continuas resultan menos fatigantes¹.

A pesar de que la diferencia en los valores promedios de la eficiencia física del grupo de baloncesto y de voleibol no resultó estadísticamente significativa, consideramos que el nivel de rendimiento del grupo de baloncesto fue superior.

Esto se fundamenta en el mayor valor promedio alcanzado y, además, en el mayor número de deportistas de este grupo que pudo realizar la carga máxima de 1 200 Kpm/mn.

Coincidimos con *Karpman*¹⁵ en que el método de extrapolación por el punto más cercano al valor máximo, permite determinar con mayor exactitud la CTF 170. Sin embargo, nuestros resultados utilizando la fórmula por él recomendada mostraron discrepancias con respecto a los valores promedios reales y por extrapolación. y presentaron una dispersión grande expresada por la desviación estándar. Nuestra variante propuesta se reveló como más idónea por el grado de aproximación con respecto a los valores promedios y la menor desviación estándar.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y su evaluación correspondiente nos han permitido extraer las conclusiones siguientes:

1. La prueba veloergométrica utilizando el tipo de multietapas discontinuas con cargas submáximas crecientes que se realizó a dos grupos de adolescentes entrenados, permitió obtener una capacidad de trabajo físico en Kpm/mn que fue de 1 000 = 141.42 para el grupo de baloncesto y de 900 ± 154,91 para el grupo de voleibol. Los valores promedios de frecuencia cardíaca que alcanzaron los sujetos de ambos grupos fueron res-

pectivamente de 181,70 ± 8,33 y 180,80 ± 8,40.

2. Si bien la diferencia de los valores promedios entre grupos no fue estadísticamente significativa, existen elementos para establecer que el nivel de rendimiento del grupo de baloncesto fue ligeramente mayor.
3. El método de extrapolación resulta útil para el cálculo de la eficiencia física correspondiente a un valor de 170 de la frecuencia cardíaca, siendo más exacto en la medida en que el segundo punto escogido esté más cercano al valor final de la prueba.
4. El método de cálculo por fórmula presenta como inconveniente la mayor dispersión de sus valores. La variante propuesta por nosotros resultó más idónea por su menor desviación estándar y su casi equivalencia en comparación con los valores promedios obtenidos por el método de extrapolación.

Agradecimiento

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a todos aquéllos que de una forma u otra colaboraron en la realización de este estudio, y en especial, a los compañeros que a continuación mencionamos: a los compañeros de la EIDE de Santiago de Cuba; a los compañeros Luis Driggs y Manuel Serrano, por la confección de las gráficas; al Departamento Técnico de Fotografía y a la Sección de Computación de la Universidad de Oriente; a los compañeros Ulises Rodríguez y Rafael Cobelo, del Departamento Electromédico de la Facultad de Ciencias Médicas. A todos muchas gracias.

SUMMARY

Delgado, W. et al. *Determination of the physical efficiency in trained adolescents* Rev Cub Med 19: 5. 1980

Thirty trained adolescents fifteen playing basket-ball and the other fifteen playing volleyball; with a mean age of 15.2 ± 0.65; 155 ± 13. respectively, were studied in order to determine their physical efficiency and to compare notes with the direct method and with other indirect methods. A veloergometric test consisting of non-continuous multiphases with increasing submaximal loads was used. Time of exercise and of recovery was six minutes for each phase A physical efficiency of 1 000 ± 141 Km/min. was obtained in the case of basket-ball players and of 900 ± 154.91 Km/min. in the case of volley-ball players. Indirect methods are discussed and "ad hoc" conclusions are given.

RÉSUMÉ

Delgado, W. et al. *Détermination de l'efficiencia physique chez des adolescents entraînés*. Rev Cub Med 19: 5, 1980.

Les auteurs étudient un groupe de 30 adolescents entraînés, 15 de basket-ball et 15 de volley-ball, dont l'âge moyen a été respectivement de $15,2 \pm 0,65$ et de $15,8 \pm 1,3$, afin de déterminer leur efficacité physique et d'établir des comparaisons avec la méthode directe et d'autres méthodes indirectes. Ils ont utilisé une épreuve véloergométrique à étapes multiples discontinues, avec des charges submaximales croissantes. Le temps d'exercice et de récupération a été de six minutes pour chacune des étapes. L'efficacité physique obtenue a été de $1\ 000 \pm 141$ Kpm/min pour le groupe de basket-ball et de $900 \pm 154,91$ pour le groupe de volley-ball. Les méthodes indirectes sont discutées et des conclusions sont faites.

FE3KME

Ä evirano, B. h jnp. OnpejiejieHHe íjH3H"ieckKo2 acbcoekTHBHocTH y- noapoCTKOB cnoPTCMeHOB. Rev Cub Med 19: 5, 1980.

ÜPOBOOTTCH HccJie^oBarae rpyhny **0330** iioäPoctkob CnoPTCMeHOB— 15 óacKeTÓojmCTOB **015** BOJieñócumcTaB, B03pacT KOTopnx cooTBeT CTBeHHO ÓHH 15 + 0,65 h 15,8 + 1,3, c nejn>K) onpe,nejieH0H hx % 3ITieCKOß 9\$BKT0BHOCr0 0 y C TaH OBJieHHÄ CpaBHeHHH C íipHMHM MeTO ÄOM H C ÄpyrHMH KOCTeHHHM MeTO^aMH. HpHMeHHeTOH BeJIOapOMeT- PHeCKKe MeTOJIH HCINTaHHH C MHOpO^ÍHCJieHHKMH npePHBaJDIUHMMCH — 3TanaMH npn B03pacTaroMHX cbepxMaKCHMajh.hhx Harpy3Kax. BpeMH - ynpaxeHHË h BocCTaHOBJieHHH chji paBHjwocB 6 MHHyTam juih Ka3@o- ro 3Tana. IloJiy^enHaH \$03ireeckaa 3\$fteKT0BHOCr&ótuia paBHa 1000 ^ I4I ;Kpm/mh juih rpyhny óacKeTÓojmCTOB, a jym rpyhny Bojieñóo- jãctob *owapaBHa* 9U0 + 154,91. Ilpoboãhtch odcyroeraie KocBen- HHX MeTOÄOB 0 JtaiOTCH 3&LIUIOTeH0H TO 3TOO TeMe.

BIBLIOGRAFIA

1. *Lange Andersen, K. et al.* Fundamentals of exercise testing. World Health Organization, 1971. Pp. 105-109.
2. *Rutenfraz, J.; Z. Mocelly R.* Kinderheilk 83, 65, 1968.
3. *Adams, F.H. et al.* Pediatrics 28:55, 1961.
4. *Astrand, D.O.* Experimental studies of physical working capacity in relation to sex age. Copenhagen, 1952, Munkagaard.
5. *Lange Andersen, K.* The cardio-vascular system in exercise H.B., ed. Exercise physiology. New York. Academic Press, 1966. Pp. 79-127.
6. *Shephard, R.J. et al.* Community of working capacity in school children. Physical fitness and its laboratory assessment, Universitas Carolina Pragensis, 1969. Pp. 93-95.
7. *Shephard, R.J.* Frontiers of Fitness, Sprig- flel, III Thomos, 1970.
8. *Blume, G.* Cicloergometría en el consultorio. Electromédica. Ed. Español 1, 1975. Pp. 22-29.
9. *Kraj, J.* The definition of physical fitness and methods of its assessment. Physical fitness. Universitas Carolina Pragensis, 1970. Pp. 19-20.
10. *Troya, J.; J. Santana.* Capacidad del trabajo físico en sujetos normales. Tesis de grado de especialista, Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. La Habana, Cuba, 1975. Pág 18.
11. *Aguilar, J.* Capacidad física para el trabajo, determinación y comparación en atletas y no atletas. Instituto de Medicina Deportiva, 1975.
12. *Yáñez, J.A.; S.A. Baratsev.* Test para determinar la CTF. Semanario Deportivo L.P.V. 647, 1974. Pág. 30-33.
13. *Delgado, W. et al.* Estado de equilibrio vago-simpático en el esfuerzo físico. III fórum Científico, Fac. Ciencias Médicas, Universidad de Oriente, 1974.
14. *Delgado, W. et al.* Estado del sistema cardiovascular durante el ejercicio físico sub-

máximo. III Fórum Científico, Fac. Ciencias Médicas,
Universidad de Oriente, 1974.

15. *Karpman, V.L. et al.* PWC 170 Proba ola

Recibido: octubre 31, 1978.

Aprobado: septiembre 25, 1979.

Dr. *Wilkie Delgado*

Instituto Superior de Ciencias Médicas

Avenida de las Américas y Calle 1 Santiago

de Cuba.

opredielenia fisichoskoi rabotosposobnosti.
Teoría y práctica. Fisicheskoi Kulture, No.
10, 1969. Pp. 37-40.

16. *Erikson, B.O.; G. Koch.* Effect of physical training
on hemodynamic response during submaximal
and maximal exercise in 11-13 years old boys.
Acta Physiol Scand voi 87 (11) January, 1973.
Pp. 27-39.