

Cineantropometría morfofuncional en atletas adolescentes *

(Adaptación del artículo original publicado en la Revista Paulista de Educación Física, Sao Paulo -Brasil-, 1988, por los mismos autores)

Lisímaco Vallejo Cuéllar, Ms.Sc.

Profesor Depto. de Educación Física
Universidad Pedagógica Nacional.

María Augusta P.M. Kiss, PhD. **

Rubens Lombardi Rodrigues, PhD. **

Paulo Roberto de Carvalho, Ms.Sc. **

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de analizar las diferencias ocurridas, en la capacidad aeróbica (con su máximo de oxígeno en l/min y $ml/kg/min$), en la frecuencia cardíaca máxima y en la frecuencia cardíaca recuperación, en un período de once meses de entrenamiento y de competiciones de atletismo, seguidos de un mes de descanso, con relación al crecimiento de atletas adolescentes post-púberes corredores y saltadores. Fueron investigados ocho atletas del sexo masculino, en las edades de $x=16.8$ años, que estaban realizando un programa de entrenamiento de atletismo de acuerdo con sus respectivas modalidades, ya en un nivel competitivo nacional. Fueron realizadas las mediciones antropométricas de la estatura, el peso, pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supra-ilíaca y abdominal), el porcentaje de grasa y la masa magra. La potencia máxima aeróbica fue calculada según Astrand y Ryhming (1954) en l/min y $ml/kg/min$ en la bicicleta ergométrica, registrándose el electrocardiograma de esfuerzo para el estudio de la frecuencia cardíaca máxima y de recuperación en el primero, quinto y octavo minutos de recuperación. El nivel de significancia se fijó en 5%. No hubo diferencia significativa en el consumo máximo de oxígeno en l/min y $ml/kg/min$, o sea, que se mantuvo equilibrado. Con relación a variables antropométricas la estatura aumentó significativamente (de $x=174.3$ cm, para $x=174.9$ cm). El peso presentó diferencia significativa, de $x=62.8$ kg en el pre, para $x=64.9$ kg en el post-entrenamiento. El porcentaje de grasa no presentó diferencia significativa. La masa magra tuvo un aumento significativo de $x=56.2$ kg para $x=58.2$ kg., la diferencia cardíaca máxima y la frecuencia cardíaca de recuperación en el primero, quinto y octavo minutos, no presentaron diferencias significativas. La caída porcentual de la frecuencia cardíaca de recuperación en el primer minuto en relación con la máxima alcanzada, fue de $x=27\%$ en el pre y de $x=19.4\%$ en el post-

* Investigación financiada por la CAPES y CNPQ-EEFUSP (Brasil).

** Profesores investigadores del Laboratorio de Cineantropometría de la Escuela de Educación Física de la Universidad de Sao Paulo (Brasil).

entrenamiento. No hubo correlación significativa entre los valores del delta del consumo máximo de oxígeno 1/min y ml/kg/min y los deltas de la estatura, del peso, del porcentaje de grasa y de la masa magra.

Palabras Claves

Cineantropometria	Morfofuncional	Atletas
Adolescentes,	Sexo Masculino,	Capacidad Aeróbica.
Frecuencia Cardiaca.		

INTRODUCCION

La capacidad aeróbica es medida por el consumo máximo de oxígeno (VO_2 MAX) siendo considerada como uno de los más importantes índices de la capacidad de trabajo del organismo (Shephard, 1969). Ella es definida como la capacidad de intercambio metabólico (Shephard, 1969) o la capacidad de transformación de energía (Wolanski y Parizkova, 1976). El VO_2 MAX es aceptado ampliamente como un importante determinante de la condición cardiovascular y respiratoria, la cual es uno de los factores limitantes en varios deportes tales como en carreras de media y larga distancia (Astrand y Rodahl, 1980). El VO_2 MAX puede ser mejorado con el entrenamiento (Saltin et al., 1968; Ekblom et al., 1968; Knuttgen et al., 1973; como regla general de capacidad aeróbica puede mejorar del 5 al 25%, con un entrenamiento sistemático adecuado en individuos post-púberes (Pollock, 1973).

Daniels et al., (1978) concluyó que adolescentes del sexo masculino que realizan entrenamientos de carreras obtienen más precozmente un mayor nivel de capacidad aeróbica. El porcentaje de VO_2 MAX, manteniendo en equilibrio metabólico (resistencia), es un importante factor para determinar el suceso en carreras de resistencia o larga distancia (Costill et al., 1971; Costill et al., 1973; Daniels, 1974; Barbanti, 1979).

EL objetivo de este trabajo fue analizar las diferencias ocurridas en la capacidad aeróbica (VO_2 MAX en 1/min y ml/kg/min) en la frecuencia cardiaca máxima y en la frecuencia cardiaca de recuperación, antes y después de un período de once meses de entrenamiento y competiciones de atletismo seguidos de un mes de descanso, con relación al crecimiento de atletas adolescentes post-púberes corredores y saltadores.

ME TODO

Este estudio comenzó en 1984 con la participación de cuarenta atletas provenientes de todo el Estado de Sao Paulo (Brasil). Debido al sistema de selección de cada año, como también a la pérdida de atletas que residían en el interior del Estado (fuera de la Capital), sólo se pudo acompañar a ocho atletas adolescentes del sexo masculino, con una edad media de 16.8 años, participantes del PROYECTO FUTURO de la Secretaría de Deportes del Estado de Sao Paulo, que estaban realizando un programa de entrenamiento de atletismo, en distintas modalidades, a un nivel competitivo nacional y, todos ellos post-púberes, de acuerdo con las directrices de Tanner (1962).

En las medidas antropométricas como el peso y la estatura se siguieron las orientaciones de Hegg y Luongo (1975), los pliegues cutáneos siguieron la orientación de Larson (1974); se utilizó un compás marca "Harpender" con una presión de 10 g/mm² y una precisión de 0.1 mm. El porcentaje de grasa se calculó según Faulkner (1968). La masa magra fue obtenida multiplicándose el porcentaje de grasa por el peso total y sustrayéndose este valor del peso total. El consumo máximo de oxígeno (VO₂MAX) en l/min y ml/kg/min fue calculado por el nomograma de Astrand y Ryhming (1954), y adaptado para adolescentes de 15 a 16 años de edad (Astrand, 1964). El Test máximo en la bicicleta ergométrica (Ishito, 1975), se inició con un calentamiento de 4 minutos y con una carga de 50 watts, seguidos de un reposo de 2 minutos (min); la respuesta de la frecuencia cardiaca a esta primera carga nos orientó en la escogencia de la intensidad de las otras cargas (50 en 50w); se reinició con períodos de 4 minutos sin interrupción, hasta alcanzar la frecuencia cardiaca máxima para la edad (220-edad), según Astrand (1960), Naughton et al. (1973). El electrocardiograma se registró en reposo, durante el ejercicio y durante la recuperación hasta el octavo minuto de recuperación para el estudio de la frecuencia cardiaca máxima, de recuperación y de su caída porcentual. La humedad relativa fue determinada con un psicrómetro rotatorio.

Para el análisis de los resultados se utilizaron los siguientes test estadísticos no paramétricos: de Wilcoxon, el coeficiente de correlación de Spearman, de Mann-Whitney y el análisis de varianza por puestos de Friedman (Siegel, 1975); y el test paramétrico t de student (Glass y Hopkins, 1984). En todos los test se fijó un nivel de 5% para la rechazo de la hipótesis de investigación, señalándose con un asterisco (*)•

RESULTADOS

El test de Wilcoxon, para la estatura mostró diferencia significativa (es decir, el pre, menor que el post) entre los valores observados en los períodos pre ($x=174.3$ cm) y post-entrenamiento ($x=174.9$ cm). Para la variable del peso medida en kilogramos, el test de Wilcoxon mostró diferencia significativa pre, ($x=62.8$ kg) menor que el post-entrenamiento ($x=64.9$ kg). El test de Wilcoxon no mostró diferencias significativas, entre los valores de porcentaje de grasa observado en los períodos del pre($x=10.7\%$) y el post-entrenamiento ($x=9.2\%$). Los valores de la masa magra, en el pre-test fue de $x=52.6$ kg y de $x=58.2$ kg en el post-test, la masa magra mostró diferencia significativa (pre, menor que el post).

El test de Wilcoxon no mostró diferencia significativa, entre los valores de la frecuencia cardiaca máxima observada en los períodos pre y post-entrenamiento. La caída porcentual (%) de la frecuencia cardiaca (el porcentual del máximo alcanzado) en el primer minuto de recuperación fue significativo.

El análisis de varianza por puestos de Friedman (primero x quinto x octavo minutos, para los valores de delta), no mostró diferencia significativa,, entre los valores del delta de evolución de la frecuencia cardiaca de recuperación en el primero, quinto y octavo minutos.

En la Tabla 1 se presentan los valores individuales, los deltas de evolución del consumo máximo de oxígeno en l/min y $ml/kg/min$, los valores medios en l/min de 3,72 en el pre y de 3.71 en el post-entrenamiento, en $ml/kg/min$ de 59.88 en el pre y de 57.88 en el post-entrenamiento.

Tabla 1:

Consumo máximo del oxígeno en l/min y $ml/kg/min$, valores individuales medidos en los períodos antes (pre) y después (post) de once (11) meses de entrenamiento, competiciones de atletismo y un (1) mes de descanso y sus respectivos deltas (post-pre).

CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (VO,MAX)						
Atleta	1 / min.			M1/kg/min		
	Número	Pre	Post	Delta	Pre	Post Delta
1	3.74	3.90	0.16	61	56	-5.00
2	3.24	2.90	-0.34	49	43	-6.00
3	3.20	3.20	0.00	52	50	-2.00

4	3.30	3.30	0.00	51	54	3.00
5	4.00	3.90	-0.10	65	61	-4.00
6	5.30	6.00	0.70	81	89	8.00
7	4.30	3.95	-0.35	74	67	-7.00
8	2.70	2.50	-0.20	46	43	-3.00
<hr/>						
MEDIA:	3.72	3.71	-0.02	59.88	57.88	-2.00
<hr/>						
DESVIACION						
STANDAR:	0.76	1.00	0.32	11.86	14.08	4.74
<hr/>						

FIG 1.

Consumo máximo de oxígeno en l/min, valores individuales medidos en los períodos antes (pre) y después (post) de 11 meses de entrenamiento, competencias de atletismo y un mes de descanso:

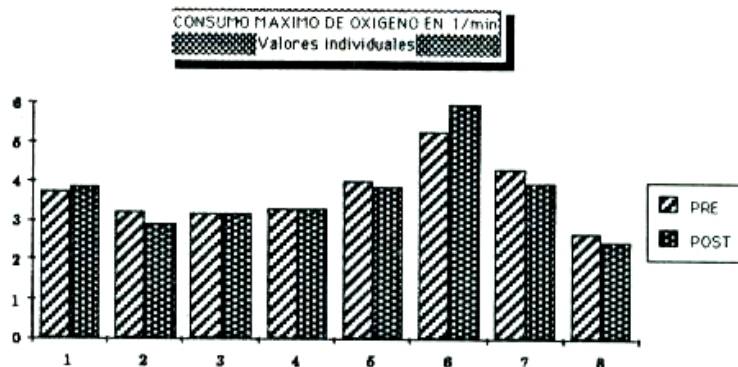
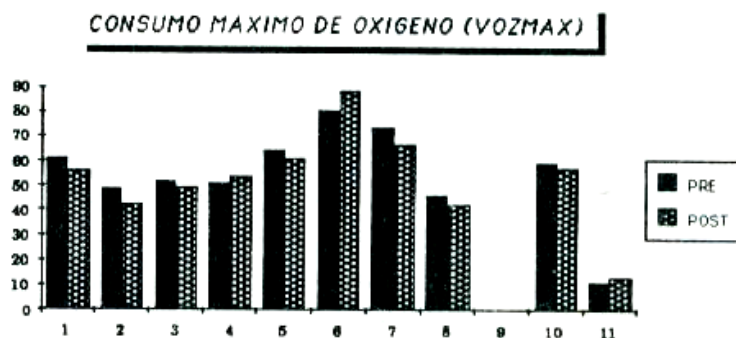


FIG. 2.

Consumo máximo de oxígeno en ml/kg/min, valores individuales medidos antes (pre) y después (post) de 11 meses de entrenamiento, competencias de atletismo y un mes de descanso:



CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (VOZMAX)

El test de Wilcoxon, no mostró diferencia significativa entre los valores del consumo máximo de oxígeno en 1/min y en ml/kg/min, observado en los períodos de pre y post-entrenamiento. Se resalta el valor del atleta número 6, que tuvo un alto consumo de oxígeno de 6.0 1/min y de 89 ml/kg/min, el cual difería considerablemente de la media del grupo que era igual a 3.71 1/min y de 57.9 ml/kg/min.

El coeficiente de correlación de Spearman no mostró correlación significativa entre los valores de los deltas de evolución del VO₂MAX en 1/min y ml/kg/min y los deltas de evolución de las variables estatura, peso, porcentaje de grasa y la masa magra.

DISCUSION

Con el objetivo de facilitar las comparaciones de los niveles de VO₂MAX encontrados en la bibliografía investigada y los obtenidos en este trabajo, se elaboró la Tabla 2.

Tabla 2:

Consumo máximo de oxígeno en 1/min y ml/kg/min, en el sexo masculino, número de casos (n), edad (años), valores medios (x), desviación estándar (s) según diversos autores, y los resultados del t de student (t cal).

CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO

AUTORES	n	Edad	CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO					
			1 /min			ml/kg/min		
			%	S	t.cal	%	S	t.cal
Matsui et al (1972)	38	17.0	-	-	-	48.10	± 5.0	4.44*
Naole et al (1977)	30	16.0	3.87	± 0.87	-0.63	54.70	± 6.7	1.59
Daniels et al (1978)	7	17.0	-	-	-	61.20	± 4.4	-0.26
Kobashi et al (1978)	43	16.8	3.00	± 0.28	2.22	55.00	± 3.1	0.99
Murase et al (1981)	6	16.8	4.06	± 0.10	-1.01	70.60	± 2.9	-1.92*
Moreira da Costa et al (1984)	12	23.4	3.56	± 0.34	0.67	56.50	± 5.8	0.81
Vallejo Cuellar (1988)	8	16.8	3.72	± 0.81	-	59.90	± 17.7	-

* = Diferencias significativas si nivel de 5%

Las diferencias estadísticamente significantes ocurrieron con relación a los datos escolares (Tabla 2) de Matsui et al (1972). en ml/kg/min y de Kobayashi et al (1978), en 1/min, cuando los resultados de este trabajo fueron mayores, con todo los valores obtenidos por Murase y et al (1981), fueron significativamente más elevados cuando fueron expresados en ml/kg/min. La evolución del $VO_2M.AX$ expresado en ml/kg/min, en función de la edad para los atletas, no concordó con los trabajos de Astrand y Rodahl (1980) y Wolanski (1980), los cuales obtuvieron valores medios que aumentaron con la edad; por otro lado, los resultados de este trabajo fueron también semejantes a los obtenidos por Daniels (1974).

El $VO_2 MAX$ de los atletas no tuvo alteraciones entre el pre y el post-entrenamiento, concordando con los resultados de Knuttgen (1967), Klissouras et al (1973), Nagle et al (1977), Daniels et al (1978) y Svedenhag y Sjodin (1985); sin embargo, discordaron tanto de los trabajos de Ekblom (1969 y 1971), de Daniels (1978), de Weber et al (1976), Yamaji y Miyashita (1977), de Murase et al (1981) y de Oliveira (1981), en los cuales los valores

medios aumentaron con la edad; en cuanto a Katch (1983), preconizó desarrollar el potencial aeróbico solamente cuando la pubertad es alcanzada.

Los aumentos del $VO_2M.AX$ en adolescentes, ocurridos después de la época del pico de la velocidad de crecimiento de la estatura, fueron relacionados por Kobayashi et al (1978) con aumentos temporales de actividad física; Kobayashi et al (1978) constataron que el pico de velocidad del crecimiento de la estatura aparece 0.75 años más temprano en atletas que en no atletas, habiendo ocurrido para el sexo masculino a los 14 años de edad; en este momento los atletas alcanzaron sus mayores valores de potencia aeróbica; por otro lado, Ekblom (1971) concluyó que el entrenamiento físico, antes y durante la pubertad, aumentan las diferentes dimensiones y funciones como el VO_2MAX , Katch (1983) concluyó que el condicionamiento fisiológico sólo será útil cuando la pubertad ha sido alcanzada. En este estudio, los atletas ya debieran haber sobrepasado el pico de crecimiento de la estatura, pues eran todos post-púberes; de esta forma, la tendencia del VO_2MAX sería la de estabilizarse, como ocurrió.

Los resultados obtenidos en dos atletas corredores de media y larga distancia respectivamente (los números 6 y 7 de la Tabla 1), fueron elevados tanto en el pre, como en el post-entrenamiento, y fueron semejantes a los obtenidos por Murase et al (1981) en atletas de élite nacional; con todo, no se puede excluir la variación intrínseca al error de utilización del nomograma de Astrand y Ryhming (1954), principalmente porque el atleta número 6 presentó en el ciclo-ergómetro una frecuencia cardiaca de 138 pulsaciones por minuto (ppm) en el pre y de 131 ppm en el post-entrenamiento, habiéndose alejado de la media del grupo que fue de 180.6 ppm en el pre y de 177.9 ppm en el post-entrenamiento. Estos valores de VO_2MAX más elevados en los atletas, estarían de acuerdo con las modalidades de atletismo a que se dedicaban. También es importante resaltar la heterogeneidad de la muestra, constituida por atletas de corta, media y larga distancia, saltadores de altura y de distancia.

La caída porcentual de la frecuencia cardiaca, en el primer minuto de recuperación en relación con la máxima alcanzada, fue de 27.0% en el pre y de 19.4% en el post-entrenamiento, coincidiendo con los valores encontrados por Nero Junior et al (1979) de 20% en población brasilera del sexo masculino.

No hubo ninguna correlación significativa en el pre y post-entrenamiento, entre VO_2MAX y las variables antropométricas del peso, estatura, grasa corporal y masa magra; lo mismo ocurrió con los deltas de evolución del VO_2MAX y los deltas de evolución de las variables antropométricas: por tanto, no es posible concluir que las diferencias obtenidas en el VO_2MAX estén de hecho asociadas al crecimiento físico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTRAN, P.O. & RYMING, I; A NOMOGRAM for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from-pulse rate during submaximal work. *Journa of Applied Physiology*, Washington, 7 (2): 218-221, 1954.
- ASTRAND, P.O. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiologica Scandinavica* 49: (suppl. 169) 1960.
- _____ Ergometri konditionsprov. A.B. cykelfabriken Monark, Varberg, 1964.
- Physical fitness in adoescence. *Clinical Pediatrics*, 234-239, 1967.
- ASTRAND PV. & RODAHL, K. *Tratado de Fisiología do exercicio*. 2a. ed., Río de Janeiro, Ed. Interamérica, 1980, 617 p.
- BARBANTI, V.J. *Teoría e Prática do treinamento desportivo*. Sao Paulo, Edgar Blucher, 1979, 240 p.
- COSTILL, D.L.; BRANDKAN, G.; EDDY, D.; SPARKE, K. Determinante of marathon running success. *Internationale Zeitschrift fur Angewan Physiologie*, 29: 249-254, 1971.
- COSTILL, D.L.; THOMASON, H.; ROBERT, E. Fractional Utilization of the aerobic capacity during distance running *Medicine and Science in Sports*.
- DANIELS, J. ; Physiological characteristics of champion running with Jim Ryun: a five-year study. *Physician a Sportsmedicine*, 2:63-67, 1974 b.
- DANIELS,J.; OLDRIDGE, N.; NAGLE, F.; WHITE, B. Differences and changes in V02 MAX among young runners: 10-18 years of age. *Medicine and science in sports*, 10 (3): 200-203, 1978.
- EKBLOM, B.; ASTRAND, RO.; SALTIN, B.; STENBERG, J.; WALLSTROM, B. Effect of training on circulatory response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 24(4): 518-528, 1968.
- EKBLOM, B. Effect of physical training in adolescent boys. *Journal of Applied physiology*, 27: 350-355, 1969
- Physical training in normal boys in adolescence. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Suecia, 217: 60-62, 197
- FAULKNER, I.A. Physiology of swimming and diving. In: FALLS H.B. *Excercise physiology*. New York, Academic Press 1968. pp. 415-443.
- GLASS, CV. & ILOPKINS, K.D. *Statistical methods in education and Psychology*. 2 ed., New Jersey, Preintice-Hall,Inc 1984, 578 p.
- HEGG, R.V. & LUONGO, J. *Elementos de Biometría Humana*. 2 ed., Sao Paulo, Livraria Nobel, 1975, 173. p.
- HOLLMANN, W. & HETTINGER, T. *Medicina do esporte*. Sao Paulo, Ed. Manole, 1983, 678 p.
- ISHITO, T. Merits of various standar test protocols - A comparison between ICPFR, WHO, IBP., and others groups. In:

- SHEPARD, R.J. & HUGGES, L. (eds.) *Physical Fitness Assessment: Principles, Practice and Application*: Springfield Charles C. Thomas, 1975. Chap. 1.
- KATCH, V.L. Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3(4): 241-246, 1983.
- KLISSOURAS, V.; PIRNAY, F.; PETIT, J.M. Adaptation to maxima effort: genetics and age. *Journal of Applied Physiology*. 35: 288-293, 1973.
- KNUTTGEN, H. Aerobic capacity of adolescents. *Journal of Applied Physiology*, 22: 655-658, 1967.
- KINUTTGEN, H.G; NORDESJO, L.O.; OLLANDER, B.; SALTIN, B. Physical conditioning through interval training with young male adults. *Medicine and science in sports*. 5:220-226, 1973.
- KOBAYASHI, K; KITAMURA, K.; MIURA, M.; SODEYAMA, M.; MURASE, V.; MIYASHITA, M.; MATSUI, H. Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*. 4: 666-672, 1978.
- LARSON, L.A. Fitness, health and work capacity. *International Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests*. New York, Mac. Millan, 1974, 594 p.
- MATSUI, H.; MIYASHITA, M.; MIURA, M.; KOBAYASHI, K.; HOSHIKAWA, T.; HAMEI, S. Maximum oxygen intake and its relation to body weight of Japanese adolescents. *Medicine Science in Sports*. 4: 27-32, 1972.
- MOREIRA DA COSTA, M.M.; RUSSO, A.K.; PICARRO, I.C.; SILVA, A.C.; NETO, L.B.T.; TARASANTCHI, T.; BARBOSA A.S.P. Maximal oxygen uptake during exercise using trained or untrained muscles. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 17:197-202, 1984.
- MURASE, Y.; KOBAYASHI, K.; KEMEI, S.; MATSUI, H. Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(3): 180-184, 1981.
- NAGLE, F.J.; HAGBERG, J.; KAMEI, S. Maximal O₂ Uptake of boys and girls age 14-17. *European Journal of Applied Physiology*. 36: 75-80, 1977.
- NAUGHTON, J.P.; HELLERSTEIN, H.F.; MOHLER, I.C. *Exercise testing and exercise training in coronary heart disease* New York, Academic Press, 1973.
- NERO JUNIOR, ED.; PAPALEO NETTO, M.; MOFFA, P.J.; ORTIZ, J. *Semiología cardiológica nao-invasiva*. Rio Janeiro, EPUME, 1979, p.51-100.
- OLIVEIRA, PR. *Resistencia aeróbica em adolescentes e sua relação com o crescimento e desenvolvimento físico: Estudo longitudinal*. Sao Paulo, 1981. (Dissertação de Mestrado Escola de Educação Física da Universidade de Sao Paulo).
- POLLOCK, M.L. Quantification of endurance training programs. In: WILMORE, J. *Exercise and Sports Reviews*. New York, Academic, 1973, p.155-158.