

DEBEMOS DE USAR EL VOLUMEN DE OXIGENO POR KILOGRAMO DE MASA MUSCULAR PARA LA VALORACIÓN DE LA POTENCIA AEROBICA MÁXIMA DE NUESTROS DEPORTISTAS

Garrido Chamorro R.P., Garnes Ros A.F., González Lorenzo M., Díaz Carretero Y.
Moreno Saura A. M.

Servicios de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante. C/ Foguerer
Ramón Gilabert Davó, nº8. Código Postal: 03005. Alicante Email:
RAULPABLO@terra.es Teléfono 600715946 Fax: 965910571

RESUMEN: En el Servicio de apoyo al deportista del centro de Tecnificación de Alicante dependiente de la Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana hemos realizado un estudio con 592 deportistas de élite para valorar si es útil usar el volumen máximo de oxígeno en relación al peso del sujeto en kilogramos de masa muscular, obtenidos mediante antropometría, en vez del tradicional volumen de oxígeno máximo por kilogramo de peso. Concluyendo que esta medida es mas útil ya que hay diferencias significativas entre una y otra medida debido a la distinta composición de nuestros deportistas. Además es de reseñar que es esta la medida realmente útil de la potencia aeróbica ya que el porcentaje de ese volumen que se lleva la masa grasa no es útil para nuestros deportistas.

PALABRAS CLAVE: Antropometría, Prueba de esfuerzo, Masa muscular, Masa grasa, Potencia aeróbica máxima.

INTRODUCCION: La potencia aeróbica máxima siempre se ha medido en función del volumen de oxígeno máximo alcanzado al final de la prueba de esfuerzo en relación a los kilogramos de peso del deportista (vo_{2max}/kg). Pero este valor desprecia la importancia que para el rendimiento del deportista tiene la masa muscular. Por lo que desde lo Servicios de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante hemos aplicado una corrección a este valor dividiendo el volumen de oxígeno máximo no entre el peso del deportista sino entre el peso de su masa muscular según la formula antropométrica de Martín⁽⁸⁾. El objetivo de nuestro estudio ha sido detectar si el volumen de oxígeno por kilogramo de masa muscular (vo_{2max}/Kg mus) es mejor para valorar la potencia aeróbica máxima que el volumen de oxígeno por kilogramo de peso.

METODO: En el Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante, dependiente de la Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana hemos valorado a 592 deportistas de élite de la provincia de Alicante entre febrero del 2002 y diciembre del 2003 recogiendo los datos de su antropometría y su prueba de esfuerzo que se ha realizado en el mismo día y sucesivamente.

La muestra constaba de 211 (35.64%) mujeres y de 381 (64.35%) hombres. La edad media de nuestra muestra era de 20.85 años con una desviación estándar de 5.98.

Para valorar el porcentaje graso utilizamos la formula de Yuhasz modificada por Faulkner⁽⁵⁾ ya que pensamos que es la formula más fiable de las usadas en la actualidad. Para el porcentaje muscular hemos usado la formula de Martín⁽⁸⁾.

De las antropometrías hemos recogido los siguientes datos: Edad. Peso, Talla, Pliegues (tríceps, subescapular, suprailiaco, abdominal, muslo y pierna). Diámetros óseos (biestiloideo, biepihumero, biepipemur) Perímetros (antebrazo, brazo, muslo, pierna). El peso

se determino con una bascula electrónica validada y la talla se midió con un estadiometro holtain. A continuación explicaremos como determinamos los diámetros:

Se realizan medidas mediante pie de rey (holtain ltd) en la parte derecha del cuerpo de acuerdo a las normas metodológicas actuales. Midiendo los tres siguientes diámetros:

1) Biepicondiliano de humero: Distancia entre el epicondilo y la epitroclea. Que son el condilo lateral y medial del humero, respectivamente. El brazo se horizontaliza y el antebrazo forma un ángulo de 90° con el brazo para facilitar la medida.

2) Biestiloide. Distancia entre la apofisis estiloides del radio y del cubito. El brazo estará extendido y la mano en dorsiflexión al tomar la medida

3) Biepocondiliano de fémur. Distancia entre el condilo lateral y medial del fémur. El individuo estará sentado para su medición, formando un ángulo de 90° la pierna con el músculo sin que los pies toquen el suelo.

La determinación de los perímetros la realizamos según se detalla a continuación:

1) Perímetro del brazo: Colocando el brazo en el plano horizontal con el antebrazo flexionado formando un ángulo de 90°. se mide el punto de mayor tamaño

2) Perímetro del antebrazo: Colocando en brazo en el plano horizontal con el antebrazo formando un ángulo de 180° se mide el punto de mayor tamaño.

3) Perímetro del muslo: Circunferencia tomada inmediatamente debajo del pliegue glúteo.

4) Perímetro de la pierna: Es la medida de la mayor circunferencia de la pierna derecha

Pliegues cutáneos (medidos con un plicometro Holtain ltd crymych)

1) Pliegue tricipital: sobre la cara posterior del brazo en la línea media

2) Pliegue subescapular: en la parte inferior de la escapula separando el pliegue de forma que adquiera su inclinación natural, y que no es otra que aquella que va desde el punto inferior de la escápula hacia la base del cuello.

3) Pliegue supraliaco Sobre la zona superior de la espina ilíaca anterosuperior con una inclinación de 45° sobre la horizontal.

4) Pliegue abdominal en la parte derecha de la zona umbilical con una inclinación de 90° sobre la horizontal.

5) Pliegue muslo: En posición de sentado con la pierna flexionada en 90° sin apoyar sobre el suelo. Siguiendo el trayecto del fémur. En el punto medio del muslo.

6) Pliegue pierna: En la misma posición que el del muslo. Se realiza la medición del pliegue siguiendo el trayecto de la tibia en la cara interna de la pierna, en la zona media.

Para la determinación de el volumen de oxígeno máximo se utilizo un analizador de gases Schiller cs- 200 realizando un calentamiento consistente en cinco minutos de estiramiento y una carrera aeróbica suave de cinco minutos. Tras los cuales el paciente desarrollo un protocolo de Wasserman consistente en un incremento 1 km hora de velocidad cada minuto sin incremento de pendiente, partiendo de 7 kilómetros hora. EL final se determina cuando el paciente para por fatiga de miembros inferiores o por alcanzar un plateau en su volumen de oxígeno máximo.

Los datos han sido analizados mediante el paquete de Microsoft Office Access 2000 y el paquete estadístico spss 11.0 realizando una t de student para la comparación de las medias encontrando se diferencias significativas entre ambos parámetros para una $p < 0.001$

RESULTADOS.

La media de vo_2/kg es de 21.43 desviación estándar de 6.64 (hombres 25.33 desviación estándar 4.54 y las mujeres 14.39 desviación estándar 3.05) del vo_2/kg mus 50.23 y su desviación estándar de 9.07(hombres 53.07 desviación estándar 9.01 y mujeres 43.96 desviación estándar 7.53).

En la tabla 1 se aprecian los percentiles tanto del vo_{2max}/kg com del vo_{2ma}/kg mus y del % graso y % muscular de los deportistas. Esta tabla nos servirá para encuadrar mejor a nuestros deportistas según sus resultados individuales.

TABLA 1 PERCENTILES DE LAS VARIABLES

	VO2/KG MUS		VO2 KG		PESO(KG)		% MUSCULAR		% GRASO	
	MUJE R	HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJE R	HOMBRE	MUJE R	HOMBRE	MUJE R	HOMBRE
10	10,79	19,80	33,49	43,18	47,86	62,72	12,45	23,95	5,47	6,35
20	12,14	21,75	37,45	46,63	50,70	66,30	14,12	26,90	6,44	7,02
30	13,01	23,09	40,23	49,48	53,16	68,86	15,67	29,32	6,91	7,42
40	13,59	24,28	41,73	51,51	55,00	71,50	17,32	32,17	7,42	7,94
50	14,14	25,25	44,07	53,53	57,30	74,20	18,19	34,52	7,85	8,46
60	15,30	26,37	46,10	55,31	59,82	77,14	20,13	37,72	8,64	9,20
70	16,13	27,42	47,81	57,22	61,88	81,48	22,39	42,24	9,40	10,17
80	17,16	29,07	49,68	60,31	64,38	88,34	24,49	48,32	10,18	11,54
90	18,26	30,87	53,42	64,11	73,36	96,66	29,53	56,80	11,87	14,03

En la tabla 2 se muestran los valores en cuanto a las medias con su desviación estándar de los deportes clasificados por sexo. De los valores que recogemos en nuestro estudio. En ella podemos observar como existen grandes diferencias entre deportes así como en el mismo deporte entre los hombres y las mujeres. En la última columna mostramos el número de sujetos que componen cada grupo.

Tabla 2 valoración de los valores por deporte y sexo

Deportes	sexo	Vo2/kg		Vo2/kg		%peso		%mus		%graso		edad		n
		med	est	med	est	med	est	med	est	med	est	med	est	
Alpinismo	Mujer	11,97	2,4	37,7	5,2	55,3	2,9	17,4	2,0	7,17	0,4	33,00	4,3	3
Alpinismo	Varón	21,59	4,8	56,9	9,8	62,4	6,1	23,8	4,5	6,75	1,3	30,71	8,7	14
Árbitro	Varón	20,75		36,3		85,9		48,9		10,2		28,00		1
Atletismo	Mujer	15,32	2,0	47,9	8,4	56,0	7,3	18,6	5,4	7,72	2,4	18,40	3,6	25
Atletismo	Varón	24,97	3,1	61,6	8,6	65,1	6,7	27,0	6,6	6,78	0,9	20,22	6,2	32
Bádminton	Mujer	17,54	1,3	44,1	4,4	65,7	5,3	26,3	4,6	9,61	1,2	19,43	2,5	7
Bádminton	Varón	27,68	9,0	63,4	21,	67,8	3,3	29,8	4,6	7,59	0,6	18,67	1,0	6
Baloncesto	Mujer	15,09	2,5	40,6	6,3	66,8	8,7	25,3	6,5	10,3	3,1	19,68	2,8	31
Baloncesto	Varón	25,73	4,6	49,1	6,9	86,3	13,	46,6	14,	11,5	3,7	20,51	5,4	91
Balonmano	Mujer	17,43	1,1	43,4	4,3	68,0	10,	27,4	5,3	10,4	4,2	20,50	2,1	2
Balonmano	Varón	28,56	4,2	50,4	6,3	91,0	10,	52,2	11,	13,3	3,9	25,12	4,4	49
Ciclismo	Varón	21,81	4,6	48,8	9,0	72,0	3,2	32,1	4,8	8,38	1,2	23,33	17,	6
D. Adaptados	Varón	30,88		63,0		77,0		37,6		11,1		36,00		1
Fútbol	Mujer	12,92	2,5	42,1	6,6	56,2	7,6	17,6	5,1	8,63	2,6	19,03	4,1	63
Fútbol	Varón	24,69	4,0	54,1	7,7	72,4	7,5	33,4	7,1	8,37	1,6	21,58	5,0	12
Fútbol Sala	Mujer	17,65	1,9	50,1	6,1	56,9	4,1	20,3	3,8	7,41	1,8	26,25	4,5	8
Gim. Rítmica	Mujer	9,35	2,8	37,2	6,8	43,2	6,2	10,9	3,3	4,37	0,8	13,75	1,0	12
Independiente	Varón	19,16	4,2	44,5	13,	77,2	11,	33,8	7,1	13,2	4,1	36,67	5,8	3
Judo	Mujer	16,74	2,8	48,7	10,	60,0	4,8	20,7	2,4	7,69	1,5	23,67	7,5	3
Judo	Varón	27,81	4,7	59,6	6,3	71,4	9,9	33,8	9,5	6,89	1,2	25,00	3,6	3
Natación	Mujer	14,25	2,1	47,1	6,8	55,1	6,6	17,1	4,5	7,79	2,4	13,94	1,9	16
Natación	Varón	23,74	3,2	59,9	4,9	67,1	5,2	26,6	4,6	7,10	0,8	16,44	2,3	9
Orientación	Mujer	15,19	2,1	49,8	6,4	54,5	3,1	16,6	1,7	7,78	1,1	17,74	2,8	23
Orientación	Varón	25,40	3,9	59,6	8,6	69,3	7,2	30,1	6,7	7,45	1,0	20,30	6,7	27
Tenis	Mujer	16,67	0,8	46,8	2,2	61,2	1,4	21,8	1,3	8,44	0,4	15,20	1,1	5
Tenis	Varón	18,49	2,5	45,5	2,0	66,5	3,4	27,1	5,6	8,13	2,2	16,00	2,6	3
Triatlón	Varón	25,83	0,8	60,0	5,6	69,6	5,7	30,3	5,2	7,93	1,0	23,80	5,7	5

Voleibol	Mujer	16,47	3,3	40,3	4,9	70,4	8,5	29,4	9,1	10,4	2,2	23,00	3,2	13
Voleibol	Varón	25,24	1,7	48,8	8,1	79,4	7,4	42,0	9,1	8,73	1,1	18,25	2,2	4

En la tabla 3 seleccionamos los deportistas cuyo vo2max/kg esta entre 64 y 65 y observamos como paciente con un buen valor de vo2max/kg como es en orientación tiene poco vo2max/kg mus debido a la poca masa muscular ya que solo tiene 16 kg de músculo. Mientras que en el otro extremo tenemos deportistas que practican fútbol con un valor similar de vo2max/kg y con valores casi el doble de vo2max/kg mus.

Tabla 3. Valores de vo2max/kg entre 64-65

Deportes	sexo	vo2/kg	vo2/kg mus	peso	muscular	graso
Orientación	Mujer	65,52	19,76	53,3	16,08	6,55
Atletismo	Varón	65,39	24,36	60	22,36	6,25
Atletismo	Varón	65,05	24,66	64,5	24,45	7,94
Atletismo	Varón	64,6	24,91	62,3	24,02	6,22
Orientación	Varón	65,36	25,02	63,6	24,34	6,35
Natación	Varón	65,52	26,57	69,2	28,06	6,92
Fútbol	Varón	64,3	26,97	68,7	28,81	7,81
Fútbol	Varón	64,85	27,57	68,5	29,12	7,16
Fútbol	Varón	64,17	29,23	75,8	34,53	7,94
Baloncesto	Varón	64,22	32,83	82,6	42,23	9,74
Fútbol	Varón	64,88	33,55	83,5	43,17	10,17
Fútbol	Varón	64,63	34,50	80,3	42,87	8,17

En la tabla 4 observamos como también con valores bajos encontramos el mismo comportamiento. Así tenemos una gimnasta que con una vo2max/kg de 28 que sin embargo tiene un vo2max/kg mus inferior a lo esperado y una jugadora de baloncesto con un vo2max/kg de 28 y un vo2max/kg mus que duplica el anterior. Dado que la masa muscular de esta segunda es muy superior a la de la primera.

Tabla 4. Valores de vo2max/kg entre 25-31

Deportes	sexo	vo2/kg	vo2/kg/mu	peso	muscular	graso
Gim. Rítmica	Mujer	28,89	6,18	38,8	8,30	4,00
Fútbol	Mujer	25,04	6,44	45,5	11,69	5,49
Gim. Rítmica	Mujer	29,23	6,76	39,3	9,08	3,69
Baloncesto	Mujer	26,32	7,91	58,3	17,52	7,92
Gim. Rítmica	Mujer	30,95	8,92	49	14,13	5,37
Fútbol	Mujer	25,15	8,94	67,7	24,07	11,94
Natación	Mujer	30,66	11,82	65,6	25,29	12,43
Baloncesto	Mujer	28,69	12,28	78,6	33,64	11,40

Si lo ordenamos por vo2max/kg mus obtenemos las tabla 5 y 6. En la tabla 5 observamos como el menor de nuestros valores tiene un vo2max/kg de 32 mientras que con cerca de 9 de vo2max/kg mus tiene solo 25 de vo2max/kg

Tabla 5. Valores para vo2max/kg mus inferior a 9

Deportes	sexo	vo2/kg	vo2/kg/mu	peso	muscular	graso
Gim. Rítmica	Mujer	32	5,84	34,8	6,35	3,30
Fútbol	Mujer	35,77	6,06	62,8	10,63	10,70
Gim. Rítmica	Mujer	28,89	6,18	38,8	8,30	4,00
Fútbol	Mujer	25,04	6,44	45,5	11,69	5,49
Gim. Rítmica	Mujer	29,23	6,76	39,3	9,08	3,69

Gim. Rítmica	Mujer	39,14	7,22	35	6,46	3,33
Gim. Rítmica	Mujer	32,44	7,86	40,9	9,92	3,97
Baloncesto	Mujer	26,32	7,91	58,3	17,52	7,92
Fútbol	Mujer	31,61	8,14	56,1	14,45	10,20
Gim. Rítmica	Mujer	33,82	8,52	40,1	10,10	3,66
Fútbol	Mujer	36,91	8,75	54,2	12,84	10,00
Gim. Rítmica	Mujer	30,95	8,92	49	14,13	5,37
Fútbol	Mujer	25,15	8,94	67,7	24,07	11,94

En la tabla 6 observamos como en la parte alta de nuestra distribución de vo2/kg mus observamos como dos jugadores de balonmano presentan similares valores de vo2/kg pero casi 7 puntos de diferencia en cuanto a vo2/kg mus

Tabla 6. Valores para vo2max/kg mus superior a 35

Deportes	sexo	vo2/kg	vo2/kg/mu	peso	Muscular	graso
Baloncesto	Varón	53,06	35,05	107,5	71,02	19,21
Balonmano	Varón	61,89	35,36	88,5	50,56	11,55
Balonmano	Varón	63,87	42,77	99,2	66,42	10,90
Baloncesto	Varón	60,59	42,92	102,3	72,47	12,99

CONCLUSIONES:

Creemos que para la correcta valoración de la potencia máxima de nuestros deportistas es importante valorar el valor de volumen de oxígeno máximo en relación a la cantidad de masa muscular que debe de usar ese oxígeno. Ya que lo que nos interesa valorar no es la cantidad de oxígeno que mueve su cuerpo sino la cantidad de oxígeno que mueve su masa muscular. Para lo cual creemos que en la valoración de nuestros deportistas a la vez que se realiza la prueba de esfuerzo se debe de realizar una antropometría.

Es obvio que estos datos deben de ser valorados en función de la edad ya que como se ha visto en otros estudios los datos cambian en relación a la edad ⁽²⁾. Estos parámetros deberán de ser valorados en estudios posteriores para ponderar la importancia de la edad en la potencia aeróbica por kilogramo de masa muscular. Ya la lógica nos hace intuir que al igual que la potencia aeróbica tradicional nuestra variación también se vería influenciada por estos cambios.

Además creemos que estos datos son importantes para valorar talentos en deportes ⁽¹⁾. Dado que podemos creer que la potencia aeróbica de una futura promesa es mayor de la real o menor dependiendo de la masa muscular. Por lo que si decidimos la existencia de talentos en función de nuestra modificación creemos que estaremos mas cerca de la detección de futuros atletas de élite.

Tampoco debemos de dejar de ver otros test para calcular la potencia aeróbica máxima ⁽³⁾. Dado que si bien el test que hemos usado es a nuestro entender el ideal para valorar la potencia aeróbica y las cualidades de nuestro deportista, existen en la literatura medica muchos test que pueden ser validos e incluso mejores que los nuestros.

BIBLIOGRAFIA:

1) Keogh JW, Weber CL, Dalton CT. Evaluation of anthropometric, physiological, and skill-related tests for talent identification in female field hockey. Can J Appl Physiol. 2003 Jun;28(3):397-409

- 2) Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Aug;35(8):1333-40.
- 3) Stickland MK, Petersen SR, Bouffard M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol.* 2003 Apr;28(2):272-82.
- 4) Galy O, Manetta J, Coste O, Maimoun L, Chamari K, Hue O. Maximal oxygen uptake and power of lower limbs during a competitive season in triathletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2003 Jun;13(3):185-93.
- 5) Faulkner JA *Physiology of swimming and diving.* En: Falls H, editores. *Exercise physiology.* Baltimore: Academic Press, 1968.
- 6) ESPARZA ROS, F. (1993) (Coord.). *Manual de Cineantropometría.* Colección de Monografías de Medicina del Deporte. FEMEDE. Pamplona.
- 7) Martin A.D. (1884) An anatomical basis for assessing human body composition: Evidence from 25 cadavers. Ph. D. Thesis, Simon Frase University Canadá.
- 8) Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 1990 Oct;22(5):729-33
- 9) Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000 Sep;72(3):796-803