

Garrido Chamorro, R.P. y González Lorenzo, M. (2006) Volumen de oxígeno por kilogramo de masa muscular en futbolistas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 6 (21) pp. 44-61 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista21/artvoloxi22.htm>

VOLUMEN DE OXIGENO POR KILOGRAMO DE MASA MUSCULAR EN FUTBOLISTAS

VOLUME OF OXYGEN BY KILOGRAM OF MUSCULAR MASS IN SOCCER PLAYER

Garrido Chamorro, R.P. y González Lorenzo, M.

Servicios de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante. Email: RAULPABLO@terra.es

Recibido 4 de diciembre 2005

RESUMEN

En el Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante, Hemos realizado un estudio con 382 Futbolistas de provincia de Alicante, entre Febrero del 2002 y Septiembre del 2004 valorando si es útil usar el volumen máximo de oxígeno en relación al peso de masa muscular ($VO_{2max}/kgmus/min$), obtenidos mediante la formula antropométrica de Martin, en lugar del tradicional volumen de oxígeno máximo por kilogramo de peso ($VO_{2max}/kg/min$). Para la determinación del volumen de oxígeno máximo se utilizó 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 desarrolló un protocolo de Wasserman, consistente en un incremento de velocidad de 1 Km/hora cada minuto, partiendo de 7 km/hora, con una pendiente constante del 1% a lo largo de toda la prueba. El final se determina cuando el paciente para por fatiga de miembros inferiores o por alcanzar un plateau en su volumen de oxígeno máximo (VO_{2max}). La media de $VO_{2max}/kgmus/min$ es de 83.31 ± 13.55 (hombres $77,62 \pm 13,96$ y mujeres $85,09 \pm 12,95$), la del $VO_{2max}/kg/min$ 50.90 ± 8.51 (hombres 42.08 ± 6.77 y mujeres 53.56 ± 7.06).

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

SUMMARY

In the Service of Support to the Sportsman of the Centre of Tecnificación of Alicante, we have realized a study with 382 Soccer players of province of Alicante, between February of the 2002 and September of the 2004 valuing if is useful to use the maximum volume of oxygen in relation to the weight of muscular mass ($VO_2\text{max/kgmus/min}$), obtained by means of formulates anthropometric of Martin, instead of the traditional volume of oxygen by kilogram of weight ($VO_2\text{max/kg/min}$). For determination of the volume of maximum oxygen of Schiller gas analyzer CS-200, realizing a warming consisting of five minutes of stretching and an aerobic soft career of five minutes. After which the patient developed Wasserman's protocol, consistent of a speed increase of 1 Km/ hour every minute, starting off of 7 km/ hour, with a constant slope of 1% throughout the test. The end determines when the patient stops by fatigue of low members or for reaching a plateau in its volume of maximum oxygen ($VO_2\text{max}$). The average of $vo_2\text{max/kgmus/min}$ is 31 ± 13.55 (men $77,62 \pm 13,96$ and women $85,09 \pm 12,95$), the one of $vo_2\text{max/kg/min}$ 50.90 ± 8.51 (men 42.08 ± 6.77 and women 53.56 ± 7.06).

KEY WORDS: Anthropometry, muscular Mass, grass Mass, aerobic maximum Power

INTRODUCCIÓN

La Potencia Aeróbica Máxima (PAM) a través del Consumo Máximo de Oxígeno ($VO_2\text{máx.}$) está considerada como el indicador más fiable para determinar la condición física a nivel cardiovascular y respiratorio de cualquier deportista ⁽¹⁾ La mayoría de los científicos del deporte consideran el $VO_2\text{max}$ como la mejor manera de medir en el laboratorio la resistencia cardiorrespiratoria ⁽²⁾. El $VO_2\text{max}$ se define como el ritmo más alto de consumo de oxígeno alcanzable durante la realización de ejercicios máximos agotadores ⁽³⁾. Si incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio más allá del punto en que se alcanza el $VO_2\text{max}$ nuestro consumo de oxígeno se estabilizara (plateau) o se reducirá ligeramente ⁽²⁾.



Según Gorrotxategi ⁽⁴⁾, el consumo máximo de oxígeno supone la prueba por excelencia para medir el potencial aeróbico de un futbolista, ya que la formación aeróbica de energía esta directamente ligada al consumo de oxígeno.

Podemos decir que cada litro de O_2 consumido produce alrededor de 20 kJ ⁽⁴⁾. Asumiendo que a mayor capacidad de consumir O_2 obtendremos un aumento de la capacidad de trabajo aeróbico.



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 ($VO_2\text{max/kg/min}$). Pero este valor desprecia la importancia que para el rendimiento del deportista tiene la masa muscular. Por lo que desde el Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante hemos aplicado una corrección a este valor ⁽⁵⁾, dividiendo el volumen de oxígeno máximo no entre el peso del deportista, sino entre el peso de su masa muscular, calculado según la fórmula antropométrica de Martín^(6,7). El objetivo de nuestro estudio ha sido detectar si el volumen de oxígeno por kilogramo de masa muscular ($VO_2\text{max/kgmus/min}$) es mejor para valorar la potencia aeróbica máxima que el volumen de oxígeno por kilogramo de peso. Algunos autores como Fleg ⁽⁸⁾ han demostrado que existen variaciones del $VO_2\text{max}$ en función de la masa muscular de los deportistas estudiados, Por lo que creemos que la ponderación del $VO_2\text{max}$ por el peso muscular puede resultar muy útil para la valoración de nuestros deportistas.

MATERIAL Y METODO

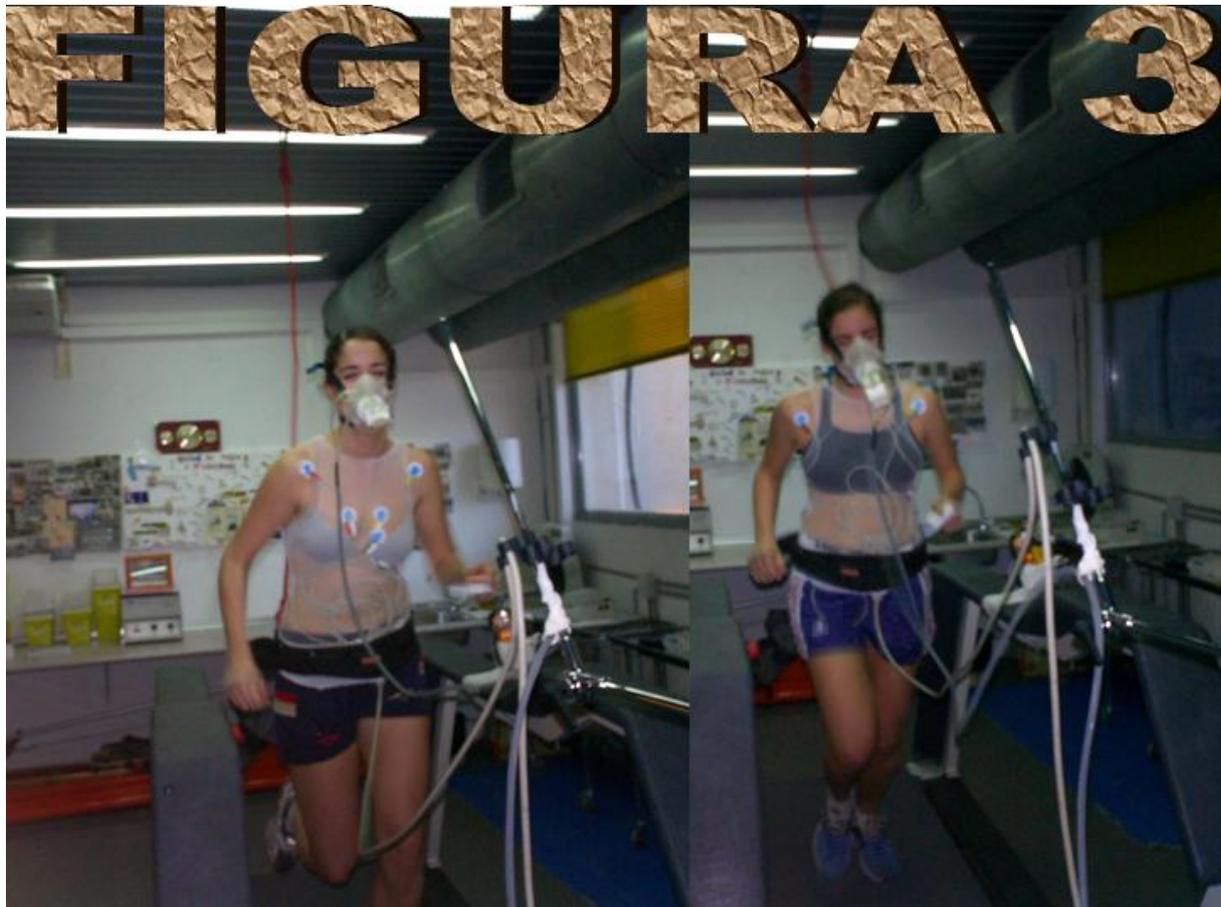
En el Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante, dependiente de la Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana hemos valorado a 382 Futbolistas de provincia de Alicante, entre Febrero del 2002 y Septiembre del 2004, recogiendo los datos de su antropometría y su prueba de esfuerzo que se han realizado en el mismo día y sucesivamente. Realizando un estudio descriptivo, observacional, prospectivo y consecutivo.

TABLA 1	FORMULAS
FAULKNER	$5.783 + (0.153 * \Sigma \text{PLIEGUES})$ ΣPLIEGUES= TRICEPS + SUBESCAPULAR + SUPRAILIACO + ABDOMINAL
MARTÍN	$\text{ESTATURA} * \frac{0.0553 \times M^2 + 0.0987 \times A2 + 0.0331 \times P2 - 2445}{1000}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p>M: PER MUSLO – pi x PLIEGUE MUSLO/10. A: Perímetro de antebrazo. P: PER PIERNA – pi x PLIEGUE PIERNA/10.</p> </div>
Vo2max/Kg/min	$\frac{\text{Vo2max}}{\text{PESO}} \times 1000$
Vo2max/Kgmus/min	$\frac{\text{Vo2max}}{\text{PESO MUS.}} \times 1000$

La muestra constaba de 291 (76%) varones (de 2ª A, 2ª B y 3ª división) y de 91 (24%) mujeres (de 2ª división femenina). La edad media era de 21.96±5.34 años. La edad media en los varones (22,74±5,42 años) fue mayor que en las mujeres (19,48±4,23 años).

Las antropometrías (Figuras 1 y 2) han sido realizadas siguiendo las pautas de el Manual de Esparza⁽⁹⁾ (1993). De las antropometrías hemos recogido los siguientes

datos: Edad. Peso. Talla, Pliegues (bíceps, tríceps, subescapular, suprailiaco, abdominal, muslo y pierna). Diámetros óseos (biestiloideo, biepihumero, biepifemur) Perímetros (antebrazo, brazo, muslo, pierna). El peso se determinó con una báscula electrónica validada y la talla se midió con un estadiómetro holtain.



Para valorar el porcentaje grasa (TABLA 1) utilizamos la fórmula de Yuhasz modificada por Faulkner ⁽¹⁰⁾, ya que pensamos que es la fórmula más fiable de las usadas en la actualidad. Para el porcentaje muscular hemos usado la fórmula de Martín^(6,7) (TABLA 1)

Una vez calculado el porcentaje muscular se usa este valor y el peso para calcular el peso muscular (TABLA 1)

Para la determinación del volumen de oxígeno máximo se utilizó un analizador de gases Schiller CS-200 (Figura 3), calibrado en gases y en volumen previamente a la realización de cada prueba, realizando un calentamiento consistente en cinco

minutos de estiramiento y una carrera aeróbica suave de cinco minutos. Tras los cuales el paciente desarrolló un protocolo de Wasserman, consistente en un incremento de velocidad de 1 km/hora cada minuto, partiendo de 7 km/hora, con una pendiente constante del 1% (para simular las condiciones de la pista y el rozamiento del aire) a lo largo de toda la prueba. El final se determina cuando el paciente para por fatiga de miembros inferiores o por alcanzar un plateau en su volumen de oxígeno máximo (Vo^2_{max}) Definiendo el inicio del plateau como punto en el cual el aumento del VO_2 era nulo o inferior a 150 ml en dos estadios sucesivos ⁽¹¹⁾. Determinándose los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) de acuerdo con los criterios de Davis ⁽¹²⁾

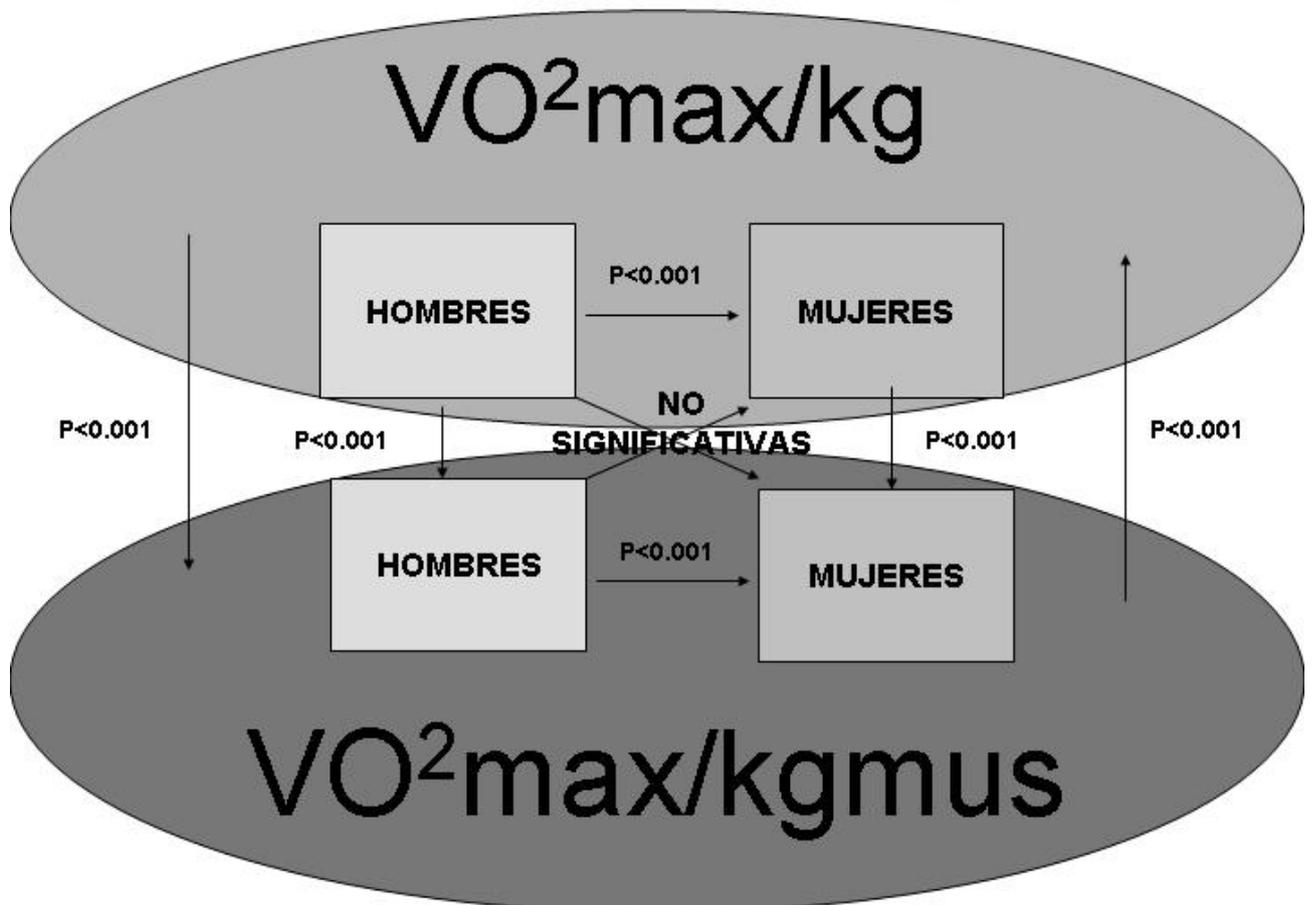
TABLA 2 VALORES DE LA MUESTRA		
SEXO	MEDIA PESO	PESO MUSCULAR
Total	69.39±10.61	42.59± 8.56
Mujer	56.55± 7.49	30.93± 5.05
Varón	73.41± 7.91	46.23± 5.69
SEXO	VO ² MAX	VO ² UMB
Total	3.54 ± 0.84	2.67 ± 0.68
Mujer	2.35 ± 0.38	1.78 ±0.37
Varón	3.91 ± 0.56	2.94 ± 0.50
SEXO	Vo ² max/kg/min	Vo ² umb/kg/min
Total	50.90 ± 8.51	38.24 ± 7.20
Mujer	42.08 ± 6.77	31.84 ± 5.69
Varón	53.56 ± 7.06	40.16 ± 6.45
SEXO	Vo ² max/kgmus/min	Vo ² umb/kgmus/min
Total	83.31 ± 13.55	62.84 ± 11.47
Mujer	77.62 ±13.96	58.73 ± 12.03
Varón	85.09 ± 12.95	64.13 ± 11.00

De esta manera conseguimos tener los tres valores de nuestro estudio el VO_2_{max} , el peso y el peso muscular. Para calcular el $VO_2_{max}/kg/min$ dividimos el VO_2_{max} entre el peso del deportista (TABLA 1). Mientras que para calcular el $VO_2_{max}/kgmus/min$

dividimos el $VO_2\text{max}$ del deportista entre el peso muscular (TABLA 1). Ya que creemos que este es el peso que realmente le resulta útil para nuestro atleta.

Los datos han sido analizados mediante el paquete de Microsoft Office Access XP y el paquete estadístico SPSS 11.0. Realizando una t de student para la comparación de las medias, encontrando diferencias significativas entre ambos parámetros para una $p < 0.001$. Para valorar la relación entre las variables se ha realizado una correlación de Pearson y un estudio de regresión.

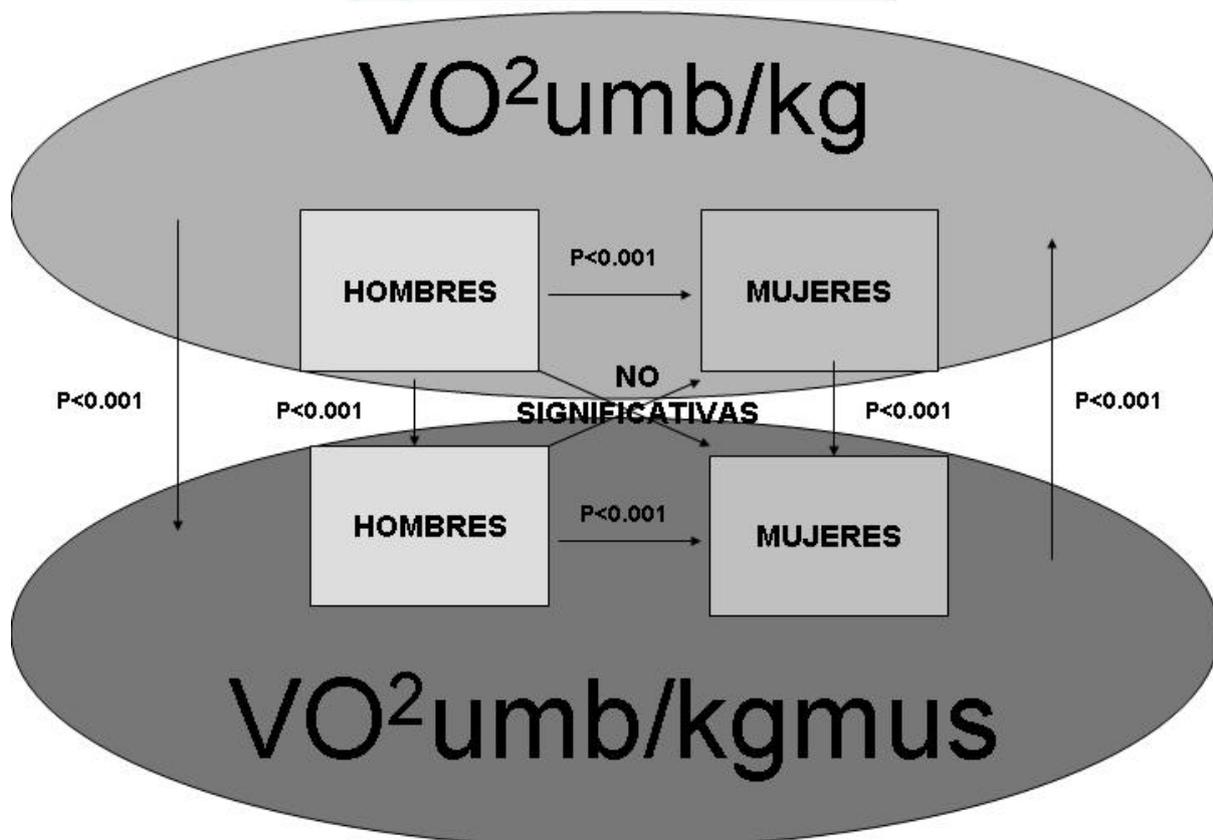
Figura 4: SIGNIFICACION $Vo^2\text{ max}$



RESULTADOS

Los valores medios de nuestra muestra se observan en la tabla 2: Donde la media del $VO_2\text{max/kgmus/min}$ es de 83.31 ± 13.55 (hombres 85.09 ± 12.95 y las mujeres 77.62 ± 13.96), la del $VO_2\text{max/kg/min}$ 50.90 ± 8.51 (hombres 53.56 ± 7.06 y mujeres 42.08 ± 6.77). La media del $VO_2\text{umb/kgmus/min}$ es de 62.84 ± 11.47 (hombres 64.13 ± 11.00 y las mujeres 58.73 ± 12.03), la del $VO_2\text{umb/kg/min}$ 38.24 ± 7.20 (hombres 40.16 ± 6.45 y mujeres 31.84 ± 5.96).

Figura 5: SIGNIFICACION Vo^2 umb



Al realizar el estudio estadístico (figura 4 y 5) apreciamos diferencias significativas ($p < 0.001$) entre el $VO_2\text{max/kg/min}$ y el $VO_2\text{max/kgmus/min}$ Tanto individualmente como si los analizamos en función del sexo. Con un coeficiente de Pearson (Tabla 3) de $r = 0.813$ entre el $VO_2\text{max/kg/min}$ y el $VO_2\text{max/kgmus/min}$ y una $r = 0.826$ entre $VO_2\text{umb/kgmus/min}$ y el $VO_2\text{umb/kg/min}$. Pero encontrando significación (con respecto al coeficiente de Pearson) entre todas las comparativas de nuestro estudio.

En la tabla 4 se aprecian los percentiles tanto del $VO_2\text{max/kgmus/min}$ como del $VO_2\text{umb/kgmus/min}$, así como del $VO_2\text{max/kg/min}$ como del $VO_2\text{umb/kg/min}$ de los

deportistas. Esta tabla nos servirá para encuadrar mejor a nuestros deportistas según sus resultados individuales. Observando como en todos los grupos el valor de los varones es superior al de las mujeres.

Tabla 3 Correlación de Pearson	VO ² MAX/KG	VO ² UMB/KG	VO ² MAS/KG MUS	VO ² UMB/KG MUS
VO ² MAX/KG		0.724	0.813	0.569
VO ² UMB/KG	0.724		0.569	0.826
VO ² MAX/KG MUS	0.813	0.569		0.724
vo ² UMB/KG MUS	0.569	0.826	0.724	

EJEMPLOS: Para clarificar la importancia de este concepto vamos a realizar varias comparaciones que nos aclararan la necesidad de este cambio (Tabla 5).

En el ejemplo 1 seleccionamos dos deportistas que se encuentran en la pare alta de nuestra distribución. Ambos futbolistas tienen similar VO₂max/kgmus/min (obtiene muy buenos valores según nuestra ponderación), pero al valorarlos mediante la potencia aeróbica tradicional el primero obtienen unas valores muy superiores al segundo. Al analizar su composición corporal el peso es similar el porcentaje grasa también lo es y las diferencias se centran en el peso muscular. En conclusión puede que el segundo deportista sea mejor de lo que creemos al valorarlo según la potencia aeróbica tradicional.

TABLA 4: PERCENTILES DE NUESTRA MUESTRA

	Vo ² max/ kgmus/ min			Vo ² max/ kg/ min			Vo ² UMB/ kgmus/ min			Vo ² UMB/ kg/ min		
	T	♂	♀	T	♂	♀	T	♂	♀	T	♂	♀
10	67.25	69.09	61.09	39.66	43.91	33.50	49.12	50.94	41.66	29.12	32.50	23.23
20	71.85	74.41	67.37	43.66	47.40	36.56	54.18	56.10	50.70	32.49	35.69	27.36
30	76.02	78.01	69.66	46.20	50.38	38.71	57.63	58.79	53.23	34.68	37.15	29.00
40	79.86	81.47	73.08	48.89	51.85	41.03	59.52	61.38	56.29	36.67	38.54	31.37
50	82.97	84.93	76.05	51.49	53.63	42.86	61.83	63.01	58.24	38.28	40.30	32.44
60	86.86	88.11	80.89	53.62	55.25	43.91	64.42	65.63	60.97	40.45	41.55	33.49
70	89.83	91.31	84.64	55.67	56.75	44.90	67.93	69.28	63.61	41.91	43.08	34.44
80	94.46	94.94	88.52	57.68	58.99	47.91	71.55	72.29	67.14	44.03	45.11	37.06
90	100.2	100.8	96.47	60.77	61.52	51.25	76.85	77.79	74.17	46.65	47.32	40.28
100	159.7	159.7	109.8	74.33	74.33	61.28	123.4	123.4	101.5	65.66	65.66	46.47

En el ejemplo 2 valoramos dos futbolistas con un VO₂max/kg/min similar, y situados en la parte alta de nuestra distribución (son buenos según la valoración tradicional). Si nos fijamos en nuestra variación observamos como el primero supera en 25 ml de O₂ al segundo. (Obtiene mejores valores según nuestra modificación). Al observar la composición corporal volvemos a encontrar diferencias en la masa muscular de ambos futbolistas. En conclusión pensábamos que eran iguales en cuanto a potencia aeróbica, pero con nuestra ponderación el primero obtiene mejores valores que el segundo.

En el ejemplo 3 recogemos dos deportistas de la parte baja de nuestra distribución cuyo VO₂max/kgmus/min es bajo (Obtiene malos valores según nuestra ponderación), Al observar los resultados en función de la potencia aeróbica tradicional obtenemos una diferencia importante a favor del segundo futbolista. Si nos fijamos en su composición corporal, el peso y el porcentaje grasa son similares y la diferencia se encuentra en su masa muscular. En conclusión el segundo

deportista es peor de los que creíamos si nos hubiéramos fijado en la valoración tradicional.

En el ejemplo 4 nos fijamos en dos deportistas con valores bajos según su $VO_2\text{max/kg/min}$ (Tendrían poca potencia aeróbica), si nos fijamos en la ponderación en función de la masa muscular, obtenemos que el segundo deportista tiene una mayor potencia aeróbica que el primero. Si nos fijamos en su composición corporal observamos como la causa en este caso no es la masa muscular sino su porcentaje graso. En conclusión el segundo deportista es mejor de los que pensamos al valorarlo con la potencia aeróbica tradicional.

TABLA 5 EJEMPLOS					
EJEMPLO 1					
Sexo	vo2max/kgmus/min	vo2max/kg/min	Peso	P mus	P graso
Varón	107.4	71.9	63.5	42.14	10.09
Varón	109.91	57.75	67.5	36.75	11.93
EJEMPLO 2					
Sexo	vo2max/kgmus/min	vo2max/kg/min	Peso	P mus	P graso
Varón	119.00	66.85	71.9	40.41	11.75
Varón	96.83	64.63	80.3	53.38	10.17
EJEMPLO 3					
Sexo	vo2max/kgmus/min	vo2max/kg/min	Peso	P mus	P graso
Varón	67.00	37.85	78.7	44.62	13.58
Varón	68.03	45.21	79.5	53.20	13.93
EJEMPLO 4					
Sexo	vo2max/kgmus/min	vo2max/kg/min	Peso	P mus	P graso
Varón	41.26	44.4	76.6	49.67	10.78
Varón	73.49	44.58	78	48.57	12.36

DISCUSIÓN

De estos ejemplos explicados anteriormente deducimos, que cuando estamos valorando la potencia aeróbica mediante el $VO_2\text{max/kg/min}$ estamos posiblemente cometiendo errores ya que estamos desperdiciando la importancia que la masa

muscular del deportista tiene sobre ese valor. Para una mayor aproximación al valor real de la potencia adecuada máxima deberemos usar el $\text{VO}_2\text{max/kgmus/min}$.

Por tanto 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. Puesto 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. Ya que esta es una prueba fácil, rápida, económica, reproducible y cuyos datos, son a nuestro entender, muy útiles para la valoración de nuestro deportista.

La relación existente entre el VO_2max y la masa muscular ya fue definida por Fleg⁽⁸⁾ demostrando una relación entre el VO_2max y la masa muscular calculada mediante la excreción urinaria de creatinina en 24 horas.

A lo largo de la historia de la valoración medico deportiva se han valorado cambios en la ponderación del $\text{VO}_2\text{ max}$. Así autores como Toth⁽¹³⁾ han analizado la necesidad de ponderar la potencia aeróbica máxima con respecto a la masa libre de grasa (FFM), Basándose en el modelo bicompartimental, a nuestro entender este modelo de valoración corporal es incompleto y por tanto los valores obtenidos con respecto a esta corrección también lo son.

Basándose en esta corrección autores como Errol⁽¹⁴⁾ han analizado este valor ($\text{VO}_2\text{/FFM}$) en hombres y mujeres con moderada actividad física encontrando valores para el $\text{VO}_2\text{max/kg/min}$ de 61.0 ± 2.6 para los varones y de 49.9 ± 1.5 para las mujeres. Al aplicar la corrección encuentra al corregir con la masa libre de grasa (FFM) valores $\text{VO}_2\text{max/FFM/min}$ 71.6 ± 3.0 para los varones y de 69.0 ± 1.5 para las mujeres.

Otros autores como Goran⁽¹⁵⁾ han demostrado que la masa gras no influye en el VO_2max y que las variaciones de este valor, se relaciona con la masa libre de grasa (FFM). Por lo tanto deberíamos suprimir este peso de la ponderación del VO_2 .

Otros autores han intentado⁽¹⁶⁾ ponderar el $VO_2\text{max}$ en función de la masa muscular calculada mediante dual energy X-ray absorptiometry (DXA). Encontrando relación entre ambos factores. Pero este valor del porcentaje muscular medido mediante (DXA) asume errores de precisión superiores a las técnicas antropométricas, sobreestimando el porcentaje graso⁽¹⁷⁾. Reciente artículos como los publicados por Leppik⁽¹⁸⁾ afirma que la antropometría es un mejor predictor que las DXA para el cálculo de la composición corporal. Por lo que pensamos que el cálculo de la masa muscular debe de realizarse mediante estas técnicas. Encontrando valores para el $VO_2\text{max/kg/min}$ de 62.0 ± 4.1 para los varones y de 51.5 ± 3.2 para las mujeres. Al aplicar la corrección encuentra al corregir con la masa libre de grasa (FFM) valores $VO_2\text{max/FFM/min}$ 68.8 ± 4.1 para los varones y de 66.6 ± 5.0 para las mujeres. Al aplicar la corrección encuentra al corregir con la la masa muscular por DXA valores $VO_2\text{max/mus/min}$ 159.5 ± 11.9 para los varones y de 158.9 ± 11.1 para las mujeres. Observamos como los valores obtenidos por esta corrección son muy superiores a los encontrados en nuestro estudio.

Es obvio que estos datos deben de ser valorados en función de la edad, apoyado en otros estudios que fundamentan las variaciones de la potencia aeróbica en relación a la edad⁽¹⁸⁾. 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. La lógica nos hace intuir que al igual que la potencia aeróbica tradicional nuestra variación también se vería influenciada por la edad.

Además creemos que estos datos son importantes para valorar talentos deportivos⁽¹⁹⁾. Dado que podemos creer que la potencia aeróbica de una futura promesa es mayor o menor de la real, dependiendo de la masa muscular. Por lo que si decidimos, la existencia de talentos en función de nuestra modificación creemos que estaremos más cerca de la detección de futuros atletas de élite.

Tampoco debemos de dejar de tener en cuenta otros test para calcular la potencia aeróbica máxima^(20,21). Dado que si bien el test que hemos usado es a nuestro entender el ideal para valorar la potencia aeróbica y las cualidades de nuestros deportistas, existen en la literatura médica muchos test que pueden ser válidos e

incluso mejores que los nuestros. Además deberíamos de ver la correlación de nuestro valor con los obtenidos en test de campos para ver si es similar a los encontrados con la potencia aeróbica tradicional ⁽²²⁾.

Según Gorrotxategi ⁽⁴⁾, el test ideal para la valoración de la capacidad aeróbica de los futbolistas debe de cumplir los siguientes criterios:

- 1) Realización en tapiz rodante para la especificada del gesto y por la utilización de suficiente mas muscular como para alcanzar el consumo máximo de O₂ ⁽⁴⁾.
- 2) Realizar un test progresivo y continuo ⁽⁴⁾.
- 3) Comenzar con un calentamiento y una carga inicial acorde con el nivel del futbolista, de tal forma que la prueba tenga en su conjunto una duración estándar. ⁽⁴⁾
- 4) Establecer aumentos de carga pequeños y de corta duración, con el fin de alcanzar más exactamente el consumo máximo de O₂ ⁽⁴⁾.
- 5) En conjunto, la duración de la prueba (excluido el calentamiento) no debería ser menor de 10 minutos ni mayor de 18 minutos ⁽⁴⁾.
- 6) Con el fin de poder utilizar también la velocidad como parámetro de control de la intensidad de entrenamiento, utilizar una pendiente fija durante toda la prueba (habitualmente entre el 1 y el 2%) ⁽⁴⁾.

Igualmente queda pendiente el poder usar otra formula para valorar el porcentaje muscular ^(23,24), Ya que continuamente aparecen nuevas formulas que intentar adaptarse mejor al porcentaje muscular de nuestros deportistas.

CONCLUSIONES

1º) Hay diferencias significativas ($p < 0.001$) entre el VO₂max/kg/min y el Vo²max/kgmus/min. Tanto globalmente como subdivididos por sexos.

2º) El VO₂max/kgmus/min es más útil que el VO₂max/kg/min para valorar la potencia aeróbica. Debido a que el porcentaje que corresponde a la masa grasa no es útil para el rendimiento de nuestros deportistas.

3º) Cuando valoramos la potencia aeróbica de nuestros deportistas en función del $VO_2\text{max/kg}$ estamos valorando el consumo del peso corporal (músculo, grasa residual y óseo). Pero es más interesante saber es el consumo de oxígeno, que realiza el músculo de nuestro deportista. Para ello debemos dividir el $VO_2\text{max}$ y $VO_2\text{umb}$ entre el peso de su masa muscular, tejido que aprovecha dicho O_2 y obtenido según la fórmula antropométrica de Martin.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alvarez Medina J., Giménez Salillas L., Manonelles Marqueta P., Corona Virón P. Importancia del VO_2 máx. y de la capacidad de recuperación en los deportes de prestación mixta. Caso práctico: fútbol sala. Archivos de Medicina del Deporte 2001,86.580-584
- 2) Wilmore and Costill, Fisiología del esfuerzo y el deporte ed Paidotribo 5º edición 2004 pag 275-305
- 3) Wilmore and Costill, Fisiología del esfuerzo y el deporte ed Paidotribo 5º edición 2004 pag 114-145
- 4) Drobnic Martínez F, González de Suso Janáriz J.M. Matínez García J.L. Fútbol bases científicas para un óptimo rendimiento. Ed ERgon edición 2004 pag 37-45
- 5) Garrido Chamorro R, González Lorenzo M, X Garnés Ros A.F, Pérez San Roque J.¿Qué es más útil, usar el volumen máximo de oxígeno en relación al peso de masa muscular o por kilogramo de peso? : Un estudio de antropometría en deportistas de elite.. *Lecturas: Educación física y deportes*. Nº. 74, 2004
- 6) Martin A.D. An anatomical basis for assessing human body composition:Evidence from 25 cadavers. Ph. D. Thesis, Simon Frase University Canadá. 1984
- 7) Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(5):729-33
- 8) Fleg, J. L., and E. G. Lakatta. Role of muscle loss in the age-associated reduction in $VO_2\text{max}$. *J. Appl. Physiol.* 65: 1147-1151, 1988.
- 9) Esparza Ros, F. Manual de Cineantropometría. Colección de Monografías de Medicina del Deporte. Pamplona. FEMEDE. 1993.

- 10) Faulkner JA Physiology of swimming and diving. En: Falls H, editores. Exercise physiology. Baltimore: Academic Press, 1968.
- 11) Ferrero JA, Fernández A. Consumo de oxígeno, En: Chicarro JL, Fernández A (eds). Fisiología del ejercicio. Madris Panamericana, 1995;209-18.
- 12) Davis J. Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Mes Sci Sport Exers* 1985; 17:6-18.
- 13) Toth, M. J., M. I. Goran, P. A. Ades, D. B. Howard, and E. T. Poehlman. Examination of data normalization procedures for expressing peak $\dot{V}O_2$ data. *J Appl. Physiol.* 75: 2288-2292, 1993.
- 14) Errol B. Marliss¹, Stuart H. Kreisman¹, Anthony Manzon¹, Jeffrey B. Halter², Mladen Vranic³, and Sharon J. Nessim¹ Gender differences in glucoregulatory responses to intense exercise *Appl Physiol* 88: 457-466, 2000.
- 15) Goran M, Fields DA, Hunter GR, Herd SL, Weinsier RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000 Jul;24(7):841-8.
- 16) David N. Proctor and Michael J. Joyner. Skeletal muscle mass and the reduction of $VO_{2\max}$ in trained older subjects. *J Appl Physiol* 82: 1411-1415, 1997
- 17) Ball S, Swan PD, DeSimone R. Comparison of anthropometry to dual energy X-ray absorptiometry: a new prediction equation for women. *Res Q Exerc Sport.* 2004 Sep;75(3):248-58.
- 18) Leppik A, Jurimae T, Jurimae J. Influence of anthropometric parameters on the body composition measured by bioelectrical impedance analysis or DXA in children. *Acta Paediatr.* 2004 Aug;93(8):1036-41
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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;28(2):272-82.

- 22)** 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.
- 23)** Vaquera Jiménez A., Rodríguez-Marroyo JA, García López J., Ávila Ordás C., Morante Rábago JC., Villa Vicente JG. Consumo máximo de oxígeno en baloncesto; influencia del sexo y del puesto específico. *Archivos de Medicina del Deporte* 2003,95:205-212.
- 24)** 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;72(3):796-803.
- 25)** Fernández Vicitiz J.A., Ricardo Aguilera R. Estimación de la masa muscular por diferentes ecuaciones antropométricas en levantadores de pesas de alto nivel. *Archivos de Medicina del Deporte* 2001;86:585-91.