Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Apunts Med Esport. 2010;45(168):227–234

apunts
MEDICINA DE L'ESPORT
www.apunts/org



ORIGINAL

Seguimiento longitudinal de la evolución en la condición aeróbica en jóvenes futbolistas

Pedro Gómez Piqueras[a,b,*], Rafael Aranda Malavés[c] y Vicente Ferrer López[d]

[a]*Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Valencia, Valencia, España*
[b]*Albacete Balompié, Albacete, España*
[c]*Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Valencia (FCCAFE), Valencia, España*
[d]*Facultad de Medicina UCLM, Servicios Médicos IMD Albacete, Albacete, España*

Recibido el 2 de febrero de 2010; aceptado el 1 de marzo de 2010
Disponible en Internet el 13 de julio de 2010

PALABRAS CLAVE
Condición aeróbica;
Prueba de esfuerzo;
Consumo máximo de oxígeno;
Umbral anaeróbico;
FC máxima

Resumen
Objetivo: El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento de los principales factores condicionantes de la condición aeróbica en jóvenes futbolistas (15–18 años).
Procedimiento: Para ello, se estudió a una muestra de 79 jugadores pertenecientes a los equipos inferiores del Albacete Balompié y que habían pasado al menos 2 pruebas de esfuerzo en el periodo de las temporadas 00/01–07/08.
Se obtuvieron datos sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), la FC máxima, la velocidad máxima alcanzada en el momento del máximo consumo de oxígeno y el porcentaje de VO_{2max} al que se producía el umbral anaeróbico.
Conclusiones: El consumo máximo de oxígeno relativo como máximo exponente de la potencia aeróbica de un sujeto no sufre modificaciones significativas durante el periodo de edad de los 15–18 años.
La economía de carrera medida mediante la capacidad de generar velocidad (velocidad de desplazamiento) a una intensidad dada mejora durante la pubertad, para estabilizarse a partir de los 17 años.
La FC máxima se reduce durante la adolescencia a razón de 7–8 pulsaciones cada 5 años.
No existen diferencias entre los porcentajes de VO_{2max} a los que los jugadores de 15–18 años experimentan su umbral anaeróbico.
© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.
Correo electrónico: pedrogomez7@hotmail.com (P. Gómez Piqueras).

1886-6581/$ - see front matter © 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.
doi:10.1016/j.apunts.2010.03.002

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

KEYWORDS
Aerobic endurance;
Effort test;
Maximal oxygen intake;
Anaerobic threshold;
Maximal heart rate

Longitudinal tracing of aerobic condition's evolution in young soccer players

Abstract
Goal: The aim of the present study was to determine the behaviour of the main factors of aerobic condition in young soccer players (15–18 years).
Process: For this, we studied 79 subjects who belong to Albacete Balompié's young teams. These players passed two effort tests at least during the period (00/01–07/08).
We obtained data about the maximum oxygen intake (VO_{2max}), maximum heart rate, maximum speed at the moment of VO_{2max} and the percentage of VO_{2max} when the anaerobic threshold happenes
Conclusions: Maximal oxygen intake like exponent of aerobic power doesn't experiment significant changes during ages 15 to 18.
Run's economy improves during puberty and stabilizes as of 17 years.
Maximal heart rate decrease during adolescence us 7–8 beat each 5 years.
There aren't differences between VO_{2max}'s percentages which 15–18 players experiment their anaerobic threshold.
© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La condición aeróbica en el fútbol

Cuando la energía necesaria para la práctica deportiva es aportada principalmente por los procesos metabólicos aeróbicos podemos hablar de manifestación de resistencia aeróbica, la cual, entendemos desde aquí como un complejo sistema dentro del cual podemos distinguir 2 parámetros fundamentales, por un lado, la capacidad aeróbica o tiempo durante el cual se puede mantener un esfuerzo, y por otro, la potencia aeróbica o máxima cantidad de energía que puede ser suministrada por unidad de tiempo.

El límite de capacidad aeróbica de un sujeto viene marcado por su umbral anaeróbico, mientras que el de la potencia aeróbica se valora a través de la medición del máximo consumo de oxígeno[1].

Aunque las exigencias del fútbol podemos dividirlas en coordinativas, cognitivas, condicionales y socio-emocionales, debido a la naturaleza de este trabajo, y con el objetivo de determinar la relevancia de la condición aeróbica en este deporte, tan solo nos centraremos en el apartado condicional.

Sin entrar en diferencias por demarcación o sistema de juego, por término medio, un jugador de fútbol a lo largo de los 90 min recorre una distancia total de 10–13 km y realiza alrededor de 1.100 cambios de actividad[2]. Tan solo un 2% de la distancia recorrida se hace con balón[3].

La duración de los esfuerzos realizados es una variable supeditada al nivel en el que se compite[4], aun así, como norma general, un jugador pasa un 17% del tiempo de partido inmóvil, andando durante un 40%, corriendo a poca y alta velocidad en un 35% y 8% respectivamente, y en sprint un 0,6%[5].

Por otro lado, y centrándonos en la intensidad de la actividad, la FC media durante un partido de fútbol oscila aproximadamente entre 165–175 ppm, lo cual se corresponde con un 70% de nuestro máximo consumo de oxígeno[6].

En base a estos datos y porcentajes, podríamos concluir que el fútbol es un deporte intermitente en el que, aunque la intensidad de carga es variable, predominan los esfuerzos aeróbicos (70–85% del total), llegando a afirmarse por parte de varios autores que la resistencia aeróbica es un pilar fundamental para el rendimiento del jugador de fútbol[7–11].

En base a lo expuesto, siendo demostrada la importancia de la condición aeróbica como cualidad fundamental para el rendimiento en el fútbol, el objetivo que nos planteamos en el presente trabajo es determinar la evolución que los principales parámetros condicionantes de esta manifestación experimentan a lo largo del tiempo en un grupo de jóvenes jugadores de fútbol.

Evolución de los principales parámetros de condición aeróbica con la edad

Consumo máximo de oxígeno (VO_{2max})
Tras contrastar numerosas experiencias se puede observar que la evolución del VO_{2max} es un parámetro íntimamente ligado al desarrollo puberal del sujeto, encontrándose los mayores valores individuales en este periodo de la vida[12].

Esta evolución es distinta si observamos el consumo de oxígeno absoluto y el relativo ya que al depender este segundo del peso del sujeto, los valores y tasas de crecimiento son distintos. Así:

Kemper & Verschuur (1987)[13] señalan que el VO_{2max} en chicos y en términos absolutos aumenta hasta los 17 años donde se alcanzan los mayores valores (3,81 l/min). Estos mismos autores en 1991 señalan que si se valora el consumo relativo, este desciende a partir de los 14 años.

En la misma línea, Poortmans et al, en (1986)[14], muestran que el consumo de oxígeno absoluto aumenta de los 6–20 años, siendo este aumento más pronunciado en chicos que en chicas, y que si observamos el consumo relativo este comienza a decrecer a partir de los 16 años.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Otras experiencias que corroboran estas tendencias de crecimiento serían las de McMurray et al[15]; Krahenbuhl et al[16].

Dentro de colectivos y pruebas más específicas y similares a la que aquí proponemos, en el año 2004, mediante un estudio transversal y con futbolistas de las categorías cadete y juvenil, Ferrer et al (2004)[17] llegan a la conclusión de que los valores relativos para los cadetes son superiores que para los juveniles.

Hansen y Klausen (2004)[18] señalan como factores condicionantes ligados a este crecimiento del VO_{2max} en estas edades el desarrollo del hematocrito, de la hemoglobina y la ya citada maduración biológica, no siendo relevante según Mirwald et al (1981)[19] el hecho de practicar o haber practicado actividad física antes de la adolescencia-pubertad en los valores obtenidos, pero sí en el caso de hacerlo durante este periodo ya que se muestra como una fase sensible para el desarrollo de este parámetro.

A partir de los 20 años este consumo máximo de oxígeno desciende aproximadamente unos 5 ml/kg/min cada década en personas sedentarias y 3–4 ml en personas deportistas[20]. Muy cercanos a estas cifras Inbar et al (1994)[21] señalan que el descenso es de 0,33 ml/kg/min al año.

Con lo que respecta a este descenso, la reducción del oxígeno repartido (distribuido) al músculo debido a la reducción del volumen sistólico o quizás debido a una mal distribución de este aparece como el factor que juega un rol mayor hasta la mitad de la edad, teniendo en cuenta también que existe una disminución de la capacidad de oxidación del músculo esquelético con la edad debido a la disfunción mitocondrial que aparece ya en la vejez[22].

En relación a las condiciones en las que se logra este consumo de oxígeno, la economía de la carrera es el coste metabólico, medido en forma de consumo de oxígeno, que un sujeto consume para una velocidad y pendiente determinadas.

Se considera que esta economía ha mejorado cuando para una misma velocidad y pendiente, el consumo de oxígeno se reduce, o lo que vendría a ser lo mismo, cuando el sujeto puede generar mayor velocidad en su VO_{2max}.

Se ha demostrado que existe una mejora continua en esta economía de carrera durante el crecimiento y la adolescencia para más tarde estabilizarse si el sujeto no sigue entrenando este parámetro[23,24].

Rowland en 1989[25] demostró en sujetos de 8–12 años que la consecuencia de esto era que el nivel de resistencia se elevaba ya que para un mismo consumo de oxígeno, los niños de 12 años eran capaces de generar mayor velocidad y de experimentar por tanto una intensidad relativa de esfuerzo menor.

Esta evolución en la economía de carrera ligada a la edad también ha sido demostrada incluso después de la adolescencia gracias a las experiencias de Emre et al (2007)[26] y Guner et al (2006)[27] en las que se compararon jugadores de fútbol de 17–21 años.

FC máxima (FCM)

Existe consenso científico a la hora de asegurar que la FC es mayor en niños que en adultos, tanto en reposo como en ejercicio.

Centrándonos en el valor máximo que puede alcanzar un sujeto, este comienza a disminuir a partir de los 9–10 años[28] a razón de 7–8 pulsaciones por década[29].

Con todo, el valor de la FCM obtenido dependerá tanto del protocolo usado como de la motivación del sujeto a la hora de realizar la prueba[30].

Si la prueba se realiza en tapiz rodante, el valor máximo obtenido es ligeramente superior a si la prueba se realiza en cicloergómetro[31].

Si la prueba se realiza a una velocidad alta y continua el valor obtenido es mayor que si la prueba es incremental[23].

En líneas generales el descenso de la FCM con la edad es debido a una menor respuesta en la circulación de las catecolaminas, y tiene como consecuencia una reducción en la capacidad y potencia aeróbica (VO_{2max}) del sujeto[32,33].

Umbral anaeróbico (% VO_{2max})

Como norma general y para la población sedentaria, el umbral anaeróbico se produce aproximadamente al 60% del consumo máximo de oxígeno[1].

A medida que el sujeto se involucra en la práctica y entrenamiento deportivo, este porcentaje comienza a elevarse de tal manera que cada vez aparece más tarde esta inflexión en la concentración del ácido láctico[23].

La idea básica que se desprende de esta evidencia es que cuanto mayor es el porcentaje de VO_{2max} al que aparece el umbral, en mejor estado de forma se encontrará el sujeto evaluado.

Al estar la evolución de este parámetro muy condicionada al tipo de entrenamiento (volumen e intensidad) llevados a cabo, no se han encontrado estudios que hagan referencia al comportamiento longitudinal de este parámetro con el tiempo.

Objetivo

Determinar la evolución longitudinal de los principales parámetros fisiológicos que determinan la condición aeróbica en jóvenes jugadores de fútbol de 15–18 años.

Material y método

La muestra para este estudio estuvo compuesta por 79 jugadores de fútbol pertenecientes a las categorías inferiores del Albacete Balompié, de edades comprendidas entre los 15–18 años, y que habían pasado reconocimiento médico en alguna de las 7 temporadas de las que se obtuvo datos (2000/01 hasta 2007/08).

Para obtener resultados longitudinales se valoró dentro de esta muestra a 18 jugadores que poseían datos de 4 temporadas consecutivas, desde los 15 años, hasta los 18.

Para reforzar los resultados obtenidos se filtraron los resultados de los jugadores que poseían valores de 15 y 16 años (31 sujetos), 16 y 17 años (56 sujetos) y 17 y 18 años (65 sujetos).

Todos los sujetos realizaron una prueba de esfuerzo de valoración inicial al finalizar las respectivas pretemporadas de su categoría deportiva en cuestión, la cual en todos los casos consistió en un protocolo continuo e incremental en tapiz rodante, con una pendiente del 1%.

Tras una fase de calentamiento de 2 min a una velocidad inicial de 6 km/h, la prueba comenzaba a una velocidad de 8 km/h viéndose aumentada esta cada 15s en 0,25 km/h.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Durante la prueba, que estuvo monitorizada electrocardiográficamente en todo momento, se utilizó un tapiz rodante «power jog», un analizador de gases respiración a respiración marca Jaeger modelo Oxicon Alpha y un pulsómetro polar T-31.

Se estableció un periodo de descanso previo a la prueba de 24 h para todos los sujetos medidos.

Los 4 parámetros relevantes para nuestro estudio fueron:

- *VO_{2max}:* se consideró alcanzado cuando el sujeto presentó la «meseta» en su curva de consumo o cuando subjetivamente este consideró que ya no podía continuar debido a su agotamiento.
- *Velocidad de VO_{2max}:* definida como la velocidad de carrera que el sujeto alcanzó en el momento de llegar a su máximo consumo de oxígeno
- *%VO_{2max} al que se produjo el umbral anaeróbico:* mediante el método de los equivalentes ventilatorios se pudo determinar en qué porcentaje de VO_{2max} se producía el umbral anaeróbico del sujeto.
- *FCM:* valor medido mediante el registro cardiaco durante la fase final de la prueba o de máxima exigencia fisiológica.

Los criterios seguidos para determinar que la prueba había sido máxima fueron:

1) Aparición de la meseta de VO_2.
2) CR $\geq$ 1,10.
3) % FCM $>$ 85% de la FCM teórica.

Todos los valores estudiados y analizados fueron obtenidos por los profesionales sanitarios del Centro de Medicina del Deporte del Instituto Municipal de Deportes de Albacete, estando al cargo de todas las pruebas de esfuerzo realizadas el mismo médico y siguiendo todas ellas un mismo protocolo.

En base a la Ley General de Sanidad 14/1986, todos los sujetos dieron su consentimiento informado para la realización de las distintas mediciones durante la prueba de esfuerzo; dicho consentimiento tuvo que ser firmado por los padres en la mayoría de los casos por tratarse de menores de 18 años.

Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante el programa SPSS v15, realizando pruebas no paramétricas para comparar los resultados de los 18 sujetos con 4 medidas consecutivas y pruebas paramétricas para comparar los resultados de los sujetos con 2 mediciones sucesivas.

Resultados

Una vez analizados los datos obtenidos para los 18 sujetos con 4 medidas consecutivas y siendo estos comparados con jugadores con 2 medidas sucesivas para reforzar los valores, se obtuvieron los siguientes resultados:

VO_2max

El valor medio de VO_{2max} relativo para la edad de 15 años fue de 56,4 $\pm$ 5,1 ml/kg/min; 56,44 $\pm$ 4,4 para los 16 años; 56,18 $\pm$ 4,47 para los 17; y 58,11 $\pm$ 3,5 para los 18 años.

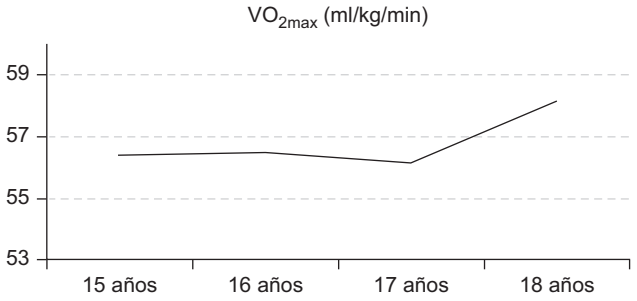


Figura 1 Evolución del máximo consumo de oxígeno relativo a lo largo de la adolescencia en jóvenes futbolistas.

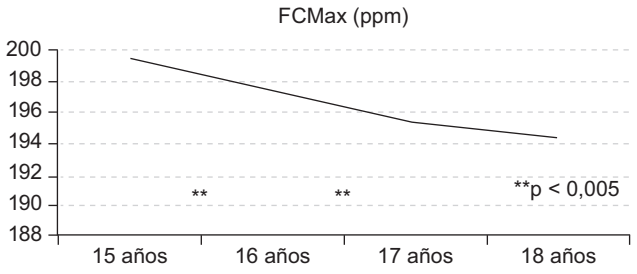


Figura 2 Evolución de la FCM a lo largo de la adolescencia en jóvenes futbolistas.

Al comparar estadísticamente los resultados entre las 4 edades no se encontraron diferencias significativas entre ninguna de ellos ($p > 0,05$) (fig. 1).

Al analizar los valores obtenidos por aquellos jugadores de la muestra que tenían 2 medidas sucesivas, y con el objetivo de reforzar los datos del grupo con 4 años, se observó que:

- En el grupo de 31 sujetos con medidas para los 15 y 16 años se obtuvieron valores de VO_{2max} de 56,7 $\pm$ 4,6 y 56,68 $\pm$ 4,7 respectivamente. Puesto que estadísticamente $p > 0,05$ se corroboró que no existen diferencias significativas entre ambos grupos.
- Para el grupo de 56 sujetos con datos de sus 16 y 17 años, el VO_{2max} fue de 56,86 $\pm$ 4,43 para los primeros y de 57,03 $\pm$ 4,6 para los segundos siendo también aquí $p > 0,05$.
- Dentro de los 65 sujetos con medidas para los 17 y 18 años, los primeros obtuvieron un VO_{2max} de 56,7 $\pm$ 4,8, mientras que para los últimos fue de 56,43 $\pm$ 4,2. Al ser de nuevo $p > 0,05$ no pudo establecerse diferencia alguna.

FCM

El valor medio de FCM para la edad de 15 años fue de 199,33 $\pm$ 5,6; para los 16 años 196,78 $\pm$ 5,9; 194,22 $\pm$ 5,2 para los 17 y 192,83 $\pm$ 7,6 para los 18 (fig. 2).

Estadísticamente entre los 15–16 años por un lado y los 16 y 17 por otro, existió significatividad en la diferencia ($p < 0,05$).

Entre los grupos 15–18 y 16–18 el nivel de significatividad fue mayor ($p < 0,005$).

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Dentro de este grupo de 18 jugadores con 4 medidas sucesivas no pudieron encontrarse diferencias entre las edades de 17 y 18 ya que se obtuvo una $p > 0,05$.

Para reforzar estos resultados:

- En el grupo de 31 sujetos con medidas para los 15 y 16 años se obtuvieron valores de FCM de $198,48 \pm 5,7$ y $196,06 \pm 6,04$ respectivamente. Estadísticamente $p < 0,005$.
- Para el grupo de 56 sujetos con datos de sus 16 y 17 años, los primeros obtuvieron $196,67 \pm 6,7$ ppm y los últimos $194,53 \pm 7,2$. $P < 0,005$.
- De los 65 sujetos con medidas para los 17 y 18 años se arrojaron valores de $195,7 \pm 7$ y $194,2 \pm 8,5$ siendo en este caso $p < 0,05$.

Velocidad de VO_{2max}

El promedio de velocidad en km/h a la que se obtuvo el mayor consumo de oxígeno fue de $17,13 \pm 0,8$ para la edad de 15 años; $18,04 \pm 1,08$ para los 16; $18,53 \pm 0,99$ para los 17 y de $18,38 \pm 1,01$ para los 18 (fig. 3).

Se encuentran diferencias significativas a nivel de $p < 0,005$ entre los 15 y 16 años y de $p < 0,05$ entre los 16 y 17.

No pudieron establecerse diferencias entre los 17 y 18 años ($p > 0,05$).

Con el objetivo de reforzar estos resultados estadísticos:

- Dentro del grupo de 31 sujetos con medidas para los 15 y 16 años se obtuvieron valores de velocidad de $16,85 \pm 0,9$ y $17,89 \pm 1,08$ respectivamente con $p < 0,005$.
- Para el grupo de 56 sujetos con datos de 16 y 17 años, $17,73 \pm 1,09$ km/h y $18,38 \pm 0,88$ km/h fueron sus velocidades, siendo en este caso también $p < 0,005$
- De los 65 sujetos con medidas para el último grupo de edad se obtuvieron valores de $18,33 \pm 0,86$ para los de 17 años y de $18,29 \pm 1,01$ para los de 18.
- En este caso no pudieron encontrarse diferencias significativas ($p > 0,05$).

%VO_{2max} al que se produce el umbral anaeróbico

El porcentaje de VO_{2max} al que se produjo el umbral anaeróbico en los jugadores de 15 años fue de $85,06 \pm 4,69$; para los de 16 de $86,11 \pm 3,61$; $84,74 \pm 5,36$ para los de 17 y $82,83 \pm 5,82$ para los de 18 (fig. 4).

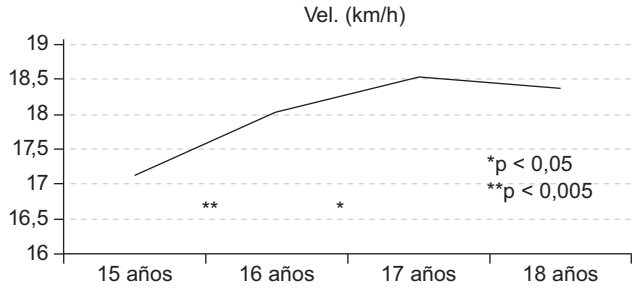


Figura 3 Evolución de la economía de carrera a lo largo de la adolescencia en jóvenes futbolistas.

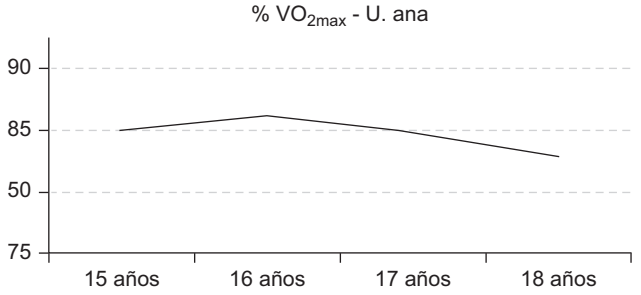


Figura 4 Evolución del % de VO_{2max} al que se produce el umbral anaeróbico durante la adolescencia.

No se encontraron diferencias significativas entre ninguno de los 4 grupos ya que en todos los caso $p > 0,05$.

Al comparar los resultados con los grupos de jugadores con 2 medidas sucesivas:

- Dentro del grupo de 31 sujetos con medidas para los 15 y 16 años los porcentajes fueron de $86,61 \pm 4,99$ y $85,97 \pm 4,04$, ($p > 0,05$).
- Para el grupo de 56 sujetos con datos de 16 y 17 años, los primeros obtuvieron un porcentaje medio de $85,28 \pm 5,65$ y los segundos $85,41 \pm 5,09$, ($p > 0,05$).
- De los 65 sujetos con medidas para los 17 y 18 años, se extrajeron datos de porcentajes de $84,96 \pm 5,69$ y $81,78 \pm 6,31$ respectivamente, los cuales sí fueron determinados como estadísticamente diferentes al ser $p < 0,005$ (Tabla 1).

Discusión

El presente trabajo ha permitido analizar la evolución longitudinal de los principales condicionantes de la condición aeróbica en jóvenes futbolistas de 15–18 años para, con ello, establecer un perfil de comportamiento de los datos analizados y, de esta manera, obtener un posible punto de referencia para futuras hipótesis o estudios.

En primer lugar, al comparar los valores obtenidos para el parámetro marcador de la potencia aeróbica de un sujeto (VO_{2max}), alcanzamos valores ligeramente inferiores (56–58 ml/kg/min) a los citados por Chamari et al (2004; 2005)[34,35], quienes para una muestra de futbolistas similares en cuanto a edad y mediante mismo protocolo reflejan valores de VO_{2max} de 61–65 ml/Kg/min.

Observamos además que este parámetro no sufre una evolución en esta franja de edad sino que se mantiene constante sin poder observar diferencias significativas entre ninguno de los grupos de edad.

En nuestro estudio no puede observarse el descenso de este valor a partir de los 14 años como señalan Kemper y Verschuur (1987)[13] o de los 16 como demuestran Poortmans et al en 1986[14] por lo que nuestra experiencia estaría más próxima a las de Shephard (2008)[20] e Inbar et al (1994)[21] quienes sostienen que el VO_{2max} se mantiene constante aproximadamente hasta los 20 años para entonces comenzar a descender.

Respecto a la máxima velocidad de carrera alcanzada por los sujetos analizados en el momento en el que se constató su máximo consumo de oxígeno, los valores arrojados por nuestro estudio al compararlos con los datos de Chamari

Tabla 1 Tabla de cohortes

	VO_{2max} (ml/kg/min)				Fr. Cardíaca max (ppm)				Velocidad en VO_{2max} (VAM) (Km/h)				% Vo_{2max} U. Anaeróbico			
	Edad (en años)				**Edad (en años)**				**Edad (en años)**				**Edad (en años)**			
Sujeto	**15**	**16**	**17**	**18**	**15**	**16**	**17**	**18**	**15**	**16**	**17**	**18**	**15**	**16**	**17**	**18**
1	59,5	57	55,1	56,3	203	205	203	198	16,7	17,5	18	17,3	80	92	85	85
2	57,9	53,9	51,7	59,6	206	202	200	204	16	16,8	17,8	18,3	87	88	85	78
3	58,3	61,6	55,7	55,3	203	205	198	202	16,7	17,5	18,5	18,9	80	81	87	94
4	54,7	56,8	57,1	56,7	203	197	190	192	16,2	18	17,8	18,5	78	84	85	85
5	57,5	54,8	59,1	58	185	188	192	182	18,2	19	20	19,3	90	83	72	84
6	62,1	58,1	58,2	60,7	198	207	197	199	18,5	20	20	20	90	81	86	76
7	54,2	50	47,4	56,2	194	188	194	188	16,7	16,2	18	18	93	88	76	90
8	60,7	63,6	60,1	65	204	202	197	194	17,7	19,7	19,3	20	86	85	84	87
9	57,5	55,9	56,5	57,9	200	197	202	200	16,5	17,2	17,8	17,5	85	92	88	75
10	65	64,6	63,5	64,4	193	189	187	183	18,7	18,5	19,8	19	91	84	89	88
11	59,1	61,7	59,2	64,2	206	192	188	183	17,5	18,7	19,5	18,7	82	82	86	76
12	48,6	51,5	56,3	56	200	199	200	199	17,2	17,2	18	16,5	88	89	79	83
13	42,2	54,8	63,6	58,2	194	192	187	189	18,5	19,5	20	20	85	91	85	85
14	51,8	55,4	52,8	54,1	207	200	198	205	16,5	17,2	17,2	17,3	83	87	95	85
15	59,4	56,6	56,7	55,5	196	194	193	188	15,7	17,8	18	17,9	80	89	81	73
16	55,5	54,4	50,9	55,3	197	194	190	192	17,1	16,8	17	17,5	85	87	91	86
17	55,9	47,7	49	59,5	198	194	191	190	17,2	18,8	18,8	18,3	90	83	89	85
18	55,3	57,5	58,3	53	201	197	189	183	16,7	18,3	18	17,8	78	84	83	76
Promedio	**56,40**	**56,44**	**56,18**	**58,11**	**199,33**	**196,78**	**194,22**	**192,83**	**17,13**	**18,04**	**18,53**	**18,38**	**85,06**	**86,11**	**84,78**	**82,83**
Desviación ±	5,16	4,45	4,48	3,54	5,62	5,91	5,26	7,63	0,89	1,09	0,99	1,02	4,70	3,61	5,36	5,82
Significatividad	–	–	–	–	*con 16	**con 18	*con 16	–	**con 16;	*con 17	–	–	–	–	–	–

*$p < 0,05$;
**$p < 0,005$.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

et al (2004; 2005)[34,35] son más elevados para el colectivo de menor edad (17,13 vs 15,8 km/h), pero similares para el grupo de 18 años (18,3 vs 18,4 km/h).

Santos-Silva et al (2005)[36] para un grupo de jóvenes futbolistas de 17–20 años también obtienen valores inferiores a los obtenidos en nuestro estudio con respecto a la máxima velocidad alcanzada (15,7 km/h).

Si observamos la tendencia evolutiva de este factor con el paso de los años, nuestros datos corroboran las ideas de Astrand y Rodahl (1970)[23]; McDougall et al (1979)[24] que señalan que la velocidad generada aumentará durante la fase de la pubertad para más tarde estabilizarse o crecer muy poco, en concreto, en nuestra experiencia observamos un crecimiento significativo de 15–17 años que se frena a partir de esta edad no encontrándose diferencias con la edad de 18.

En relación a esto, puesto que nuestra muestra de jugadores no superó los 18 años, no pudimos constatar una mejora en la economía de carrera a partir de esta edad como sí hicieran Emre et al (2007)[26] y Guner et al (2006)[27].

Atendiendo a la FCM alcanzada por los sujetos, los valores obtenidos están en consonancia con Chamari et al (2004; 2005)[34,35], quienes aportan resultados prácticamente similares en cuanto a este parámetro (192 ppm para el grupo de mayor edad y 198 ppm para los de 15 años).

En base a estos datos obtenidos, comprobamos como la tan extendida fórmula de 220-edad para el cálculo de la FCM de un sujeto sobreestima el valor real mientras que la propuesta por Tanaka et al (2001) en la que FCM = 208, 75–0,73*edad se acerca más al valor alcanzado[37].

Al analizar el comportamiento que tiene este valor con el paso de los años en un sujeto, corroboramos, como en otras experiencias[28], que este valor disminuye a medida que el sujeto va envejeciendo ya que al interpretar nuestros resultados encontramos diferencias significativas entre todos los grupos de edad analizados.

Por otro lado, la tasa de decrecimiento que hemos observado en este valor es casi el doble que la propuesta por Robinson en 1938[29] (7–8 ppm por década), ya que este descenso concuerda con lo experimentado por nuestro grupo en tan solo 4 años.

Finalmente, al interpretar los valores obtenidos para el % de VO_{2max} en el que los jugadores experimentaban su umbral anaeróbico, no se constataron diferencias entre ninguno de los grupos de edad ni tendencias de crecimiento hacia uno u otro lado.

Aproximadamente en todas las edades se produjo el umbral cerca del 85% del VO_{2max} el cual y como es lógico, supera el 60% establecido para la población normal[1] y refuerza los datos de Chamari et al (2004)[34] quienes obtienen valores del 87% para el colectivo de 15 años.

Al no haber encontrado en la literatura científica experiencias que analicen la evolución de este parámetro con la edad, no podemos ni reforzar ni refutar nuestros datos que como el análisis estadístico nos indica, abogan por un mantenimiento en este parámetro de los 15–18 años; sería por tanto interesante seguir profundizando en el estudio de nuevos y variados métodos de valoración de la máxima capacidad aeróbica[38] y de los parámetros ligados a la misma para esclarecer el panorama en torno a esta.

En conclusión, y con todos los datos aquí reflejados, creemos haber establecido una nueva referencia para aclarar la relación del crecimiento con ciertos parámetros fisiológicos en jóvenes jugadores de fútbol, la cual, al verse reforzada por otras numerosas experiencias puede servir como punto de partida de nuevos estudios o hipótesis sustentadas en alguno de estos parámetros.

Siendo conscientes de que una muestra relativamente escasa no puede extrapolarse a todo el colectivo de futbolistas, señalar y mencionar la dificultad de contar con un grupo más amplio al tratarse de un estudio longitudinal, ya que como es lógico, con el paso de los años los jugadores jóvenes cambian de equipo con facilidad o simplemente el proceso selectivo prescinde de ellos.

Como principal limitación de nuestro estudio a mejorar en futuras investigaciones, el hecho de contar con un periodo de testeo demasiado amplio (finalizar la pretemporada), no uniforme para todas las edades y no igual en todas las medidas.

Además, al no controlar ni el volumen ni la intensidad ni el tipo de entrenamiento seguido por cada uno de los grupos de edad, los datos del testeo pueden estar condicionados arrojando valores diferentes a los que podrían esperarse si todos los sujetos hubiesen sido testados bajo condiciones previas semejantes.

Finalmente, mencionar que hubiera sido interesante en nuestra valoración determinar el nivel madurativo de los sujetos estudiados, bien mediante los estudios de Tanner o incluso a través de radiografías del carpo. Este dato sería relevante de cara a la determinación de la homogeneidad grupal, por lo que consideramos que habría de ser tenido en cuenta en futuras investigaciones.

Conclusiones

- El consumo máximo de oxígeno relativo como máximo exponente de la potencia aeróbica de un sujeto no sufre modificaciones significativas durante el periodo de edad de los 15–18 años.
- La economía de carrera medida mediante la capacidad de generar velocidad (velocidad de desplazamiento) a una intensidad dada, mejora durante la pubertad, para estabilizarse a partir de los 17 años.
- La FCM se reduce durante la adolescencia a razón de 7–8 pulsaciones cada 5 años.
- No existen diferencias entre los porcentajes de VO_{2max} a los que los jugadores de 15–18 años experimentan su umbral anaeróbico.

Agradecimientos

Al Albacete Balompié por su entera disposición y colaboración en este estudio. Al personal del Instituto Municipal de Deportes, cuya labor fue fundamental en la recogida de los datos. A la Facultad de Ciencias del Deporte de Valencia, por su apoyo científico, sugerencias y correcciones.

Bibliografía

1. López Chicharro J, Fernandez Vaquero A. Fisiologia del Ejercicio. Madrid: Panamericana; 2001.
2. Bangsbo J, Mohr M, Krustup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. J Sports Sci. 2006;24:665–74.

Documento descargado de http://www.apunts.org el 20/01/2011. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

3. Ekblom B. Manual de ciencias del entrenamiento: Futbol. Barcelona: Paidotribo; 1999.
4. Mohr M, Krustrup P, Bangsbo J. Match performanceof high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. J Sports Sci. 2003;21:439–49.
5. Bangsbo J. Entrenamiento de la condición física en el fútbol, 3 ed. Barcelona: Paidotribo; 2002.
6. Bangsbo J. The training session. En: Bangsbo J. Aerobic and anaerobic training in soccer. Special emphasis on training of youth players. Stormtryk, Bagsvaerd, Denmark; 2007:77–88.
7. Gonzalez Aramendi J, Ainz González L. Capacidad funcional aeróbica en jugadores de fútbol adolescentes. Arch Med Dep. 1998;15:201–7.
8. Helgerud J, Engen L. Aerobic endurance training improves soccer performance. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:1925–31.
9. Ekblom B. Applied physiology of soccer. Sports Med. 1986;3: 50–60.
10. Ayestaran P. La planificación en el fútbol. Revista Técnica Abfútbol. 2003;6.
11. Campos Vazquez M. El entrenamiento en fútbol basado en el análisis de la competición. Revista Técnica ABFútbol. 2006;23: 13–27.
12. Baxter-Jones A, Goldstein H, Helms P. The development of aerobic power in young athletes. J Appl Physiol. 1993;75: 160–7.
13. Kemper HC, Verschuur R. Longitudinal study of maximal aerobic power in teenagers. Ann Hum Biol. 1987;14:435–44.
14. Poortmans J, Vlaeminck M, Collin M, Delmotte C. Indirect estimation of the maximal aerobic power of a male and female population from Brussels aged 6 to 23 years. Comparison with a direct technic for measuring maximal oxygen consumption. J Physiol. 1986;81:195–201.
15. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng S, Bangdiwala SI. Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. Med Sci Sports Exerc. 2002;34:145–51.
16. Krahenbuhl GS, Morgan DW, Pangrazi RP. Longitudinal changes in distance-running performance of young males. Int J Sports Med. 1989;10:92–6.
17. Ferrer V, Escarabajal JF, Carrión M, García Córcoles M. Resistencia aeróbica en futbolistas de categoría cadete y juvenil. Selección. 2004;13:116–23.
18. Hansen L, Klausen K. Development of aerobic power in pubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation. A longitudinal study. J Sports Med Phys Fitness. 2004;44:219–23.
19. Mirwald RL, Bailey DA, Cameron N, Rasmussen RL. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. Ann Hum Biol. 1981;8:405–14.
20. Shephard RJ. Is the measurement of maximal oxygen intake passé? Br J Sports Med. doi:10.1136/bjsm.2008.052506.
21. Inbar O, Oren A, Scheinowitz M, Rotstein A, Dlin R, Casaburi R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. Med Sci Sports Exerc. 1994;26:538–46.
22. Betik AC, Hepple RT. Determinants of VO2 max decline with aging: an integrated perspective. Appl Physiol Nutr Me. 2008;33:130–40.
23. Astrand P, Rodahl K. Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill; 1970.
24. MacDougall JD, Roche PD, Bar-Or O, Moroz JR. Oxygen cost of running in children of different ages; maximal aerobic power of Canadian school children. Canadian Journal of Applied Sports Science. 1979;4:237.
25. Rowland T. Oxygen uptake and physical fitness in children. Pediatr Exerc Sci. 1989;1:318.
26. Emre AK, Ahmet Y, Seref C, Feza K. Physiological profiles of soccer players: u17,u19,u21 and over 21. J Sport Sci Med. 2007;**6**(Suppl. 10).
27. Guner R, Kunduracioglu B, Ulkar B. Running Velocities and HeartRates at Fixed Blood Lactate Concentrations in Young Soccer players. Adv Ther. 2006;23.
28. Cleatham CC, Mahon AD, Brown JD, Bolster DR. Cardiovascular responses during prolonged exercise at ventilatory threshold in boys and men. Med Sci Sports Exerc. 2000;32:1080–7.
29. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiologie. 1938;10:251–323.
30. Arrabitel I, Jakob E, Keul J. La FC como valor para el diagnóstico del esfuerzo y la orientación del entrenamiento. Arch Med Dep. 1988;18:147.
31. Rowland T. Exercise and Children's Health. Ed Human Kinetics; 1990.
32. Demetra C, Douglas R. Decreased maximal heart rate with aging is related to reduced {beta}-adrenergic responsiveness but is largely explained by a reduction in intrinsic heart rate. J Appl Physiol. 2008;105:24–9.
33. Fuchi T, Iwaoka K, Higuchi M, Kobayashi S. Cardiovascular changes associated with decreased aerobic capacity and aging in long distance runners. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1989;58:884–9.
34. Chamari K, Hachana Y, Ahmed B, Galy O, Sghaïer F, Chatard JC, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. Br J Sports Med. 2004;38:191–6.
35. Chamari K, Hachana Y, Kaouech F, Jeddi R, Moussa-Chamari I, Wisløff U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. Br J Sports Med. 2005;39:24–8.
36. Santos-Silva PR, Fonseca AF, Weigand de Castro A, D'Andréa JM, Hernandez AJ. Reproducibility of maximum aerobic power (vo2max) among soccer players using a modified heck protocol. Clin Sport Med. 2007;62:391–6.
37. Marins JC, Delgado M. Employment of equations to esteem the maximum Heart rate in running for young sportsman. Archivos de Medicina del Deporte. 2007;24:112–20.
38. Ramírez R, Agredo R, Ortega JG, Dosman V, López Alban CA. Análisis comparativo del VO2max estimado mediante las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y el American College of Sport Medicine en corredores de maratón. Apunts. Med Esport. 2009:4457–65.