



## Maximum oxygen consumption and muscle efficiency in non-professional youth and professional adult soccer players

### Consumo máximo de oxígeno y eficiencia muscular en futbolistas juveniles no profesionales y adultos profesionales

Dulce Segales<sup>1</sup>, Cristian Cofre-Bolados<sup>2</sup>, Marcelo Tuesta<sup>3,4</sup>, Claudio Farias-Valenzuela<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Clínica Ciencia y Deporte, Asunción, Paraguay.

<sup>2</sup> Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile, USACH, Santiago 7500618, Chile.

<sup>3</sup> Laboratory of Sports Sciences, Centro de Medicina Deportiva Sports MD, Vina del Mar, 2521156, Chile.

<sup>4</sup> Exercise and Rehabilitation Sciences Institute, School of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Universidad Andres Bello, Santiago 7991538, Chile.

<sup>5</sup> Instituto del Deporte, Universidad de las Américas, Santiago 917002, Chile

\* Correspondence: Cristian Cofre-Bolados; [cristian.cofre@usach.cl](mailto:cristian.cofre@usach.cl)

#### ABSTRACT

Soccer has been described as a maximal and/or near-maximal effort sport, layered on a low to moderate intensity exercise base. The available evidence suggests that adult male soccer players cover approximate distances of 10 to 12 km during a match and 8.1 km for youth players. The objective of the study is to compare the maximum aerobic power parameters of professional soccer players and youth players. A cross-sectional correlational descriptive study was carried out, 52 adult soccer players and 57 youth soccer players participated. The results reported that the absolute maximum VO<sub>2</sub> does not present a significant difference between adults vs juveniles; The relative maximum VO<sub>2</sub> in ml/kg-min presents a significant difference in favor of the Juveniles; The maximum aerobic speed in km/h presents a significant difference in favor of the adults and the muscular efficiency in percentage presents a significant difference in favor of the adults. In conclusion, adult professional soccer players have an absolute maximum VO<sub>2</sub> similar to youth soccer players; relative oxygen consumption is higher

*Segales et al.*

in young soccer players; but the maximum aerobic speed and muscular efficiency are once again higher in adult soccer players.

## **KEYWORDS**

Maximum aerobic speed; absolute maximum VO<sub>2</sub>; Sports ergometry

## **RESUMEN**

El fútbol ha sido descrito como un deporte de esfuerzos máximos y/o casi máximos, superpuestos sobre una base de ejercicios de baja o moderada intensidad. La evidencia disponible sugiere que los futbolistas masculinos adultos cubren distancias aproximadas de 10 a 12 km durante un partido y 8,1 km en los jugadores Juveniles. El objetivo del estudio es comparar los parámetros de potencia aeróbica máxima de futbolistas profesionales y jugadores juveniles. Se realizó un estudio de tipo descriptivo correlacional de corte transversal, participaron 52 futbolistas adultos y 57 futbolistas juveniles. Los resultados informaron que el VO<sub>2</sub> máximo absoluto no presenta diferencia significativa entre adultos vs juveniles; El VO<sub>2</sub> máximo relativo en ml/kg-min presenta diferencia significativa en favor de los Juveniles; La velocidad aeróbica máxima en Km/h presenta diferencia significativa en favor de los adultos y la eficiencia muscular en porcentaje presenta diferencia significativa en favor de los adultos. En conclusión, los futbolistas profesionales adultos presentan un VO<sub>2</sub> máximo absoluto similar a futbolistas juveniles; el consumo de oxígeno relativo es mayor en los futbolistas jóvenes; pero la velocidad aeróbica máxima y la eficiencia muscular vuelve a ser mayor en futbolistas adultos.

## **PALABRAS CLAVE**

Velocidad aeróbica máxima; VO<sub>2</sub> máximo absoluto; Ergometría deportiva

## **1. INTRODUCCIÓN**

La intensidad promedio de un partido de fútbol profesional se encuentra cerca del punto de compensación respiratorio (PCR) o segundo umbral ventilatorio, alcanzando entre el 80 a 90% de la frecuencia cardiaca máxima (FC<sub>máx</sub>) (Bangsbo, 1994). Durante el juego se realizan aproximadamente 1200 a 1400 cambios de intensidad, con 150 a 250 actividades intensas de corta duración (1 a 4 segundos) (Bangsbo et al., 2007; Stølen et al, 2005). En este sentido, el fútbol ha sido descrito como un deporte de intervalos, con movimientos acíclicos predominantes y esfuerzos máximos y/o casi

*Segales et al.*

máximos superpuestos sobre una base de ejercicios de baja o moderada intensidad (Bangsbo et al., 2006). En este sentido, el desarrollo de la potencia y capacidad aeróbica ha sido tradicionalmente un componente fundamental en el fútbol, donde una mayor capacidad aeróbica favorecerá una mejor recuperación entre los esfuerzos de alta intensidad (Reilly, 1997; Impellizzeri et al., 2004; Henderson et al., 2015; Vales et al., 2017). La evidencia disponible sugiere que los jugadores masculinos adultos cubren distancias aproximadas de 10 a 12 km durante un partido de fútbol (Stølen et al., 2005). Aunque menos abundantes, los estudios de fútbol juvenil informan de distancias promedios más cortas con un aproximado de 8,1 km en los Juveniles. Un estudio de Ramos et al. (2017), analizó los movimientos de los jugadores en siete partidos de fútbol internacional durante el Campeonato Sudamericano Sub-20 utilizando tecnología de posicionamiento global. Aquí se observó que, durante los últimos 15 minutos del juego, la distancia total y la carrera de alta intensidad disminuyeron entre 20 y 35% respecto de los 15 minutos iniciales (Ramos et al., 2017). Otros autores, observaron que las actividades de los jugadores jóvenes durante las competiciones se mantuvieron alrededor del 75-80% del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) (Castagna et al., 2010; Stroyer et al., 2004), este último dato presenta una intensidad promedio menor a la antes expuesta por Bangsbo en jugadores profesionales adultos. Aunque no se han observado asociaciones entre las variables de tiempo-movimiento y la potencia aeróbica entre los jugadores de fútbol jóvenes (Rebelo et al., 2014), es reconocido que un mejor nivel de condición física aeróbica se asocia con mayores cargas externas durante el entrenamiento y/o partido (Buchheit et al. 2010), y con una mayor tolerancia a la fatiga en actividades de alta intensidad (Ratel et al., 2006).

La ergoespirometría de esfuerzo es considerada como criterio de referencia para determinar la potencia aeróbica máxima de un individuo a través del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) y su velocidad asociada (VAM) (Abeytua et al., 2019). El  $VO_{2max}$  depende de la respuesta cardiopulmonar y muscular durante una prueba de esfuerzo progresiva maximal limitada por síntomas, cuya carga es controlada por un ergómetro. Este valor se obtiene una vez que el sujeto alcanza una meseta del volumen de oxígeno pulmonar consumido durante el esfuerzo. El consumo de oxígeno promedio durante un partido de fútbol fluctúa entre 45 y 52 ml/kg/min, y los niveles máximos alcanzados se encuentran entre 60 a 70 ml/kg/min. En evaluaciones de laboratorio, el  $VO_{2m\acute{a}x}$  en futbolistas oscila entre 50 y 75 ml/kg/min, siendo los porteros los que presentan valores más bajos y los mediocampistas quienes presentan valores más altos (Salazar et al., 2018; Ariza et al., 2011). La otra variable fundamental para el rendimiento del futbolista es la VAM (velocidad aeróbica máxima), la cual representa la velocidad más baja donde se alcanza por primera vez el  $VO_{2max}$  (inicio de la meseta). Es reconocido que mayores niveles de  $VO_{2m\acute{a}x}$  y de VAM en futbolistas adultos se relacionan con una

*Segales et al.*

mejor eficiencia de movimientos (ej. mayor velocidad a un mismo  $VO_{2m\acute{a}x}$ ) durante la competencia (Antivero et al., 2008; González, et al., 2014). Una forma de medir la eficiencia de movimientos en el laboratorio es a través de la eficiencia muscular (EM) durante la prueba de ejercicio progresivo de potencia aeróbica. La EM se entiende como la relación entre el trabajo mecánico realizado y la energía metabólica producida, expresada en porcentaje (Langan & Grosicki, 2021), determinada por la fórmula:  $EM = \text{Trabajo Mecánico} / \text{Energía metabólica} \times 100$  (Keir et al., 2012).

El objetivo del presente estudio fue comparar los parámetros de potencia aeróbica máxima, incluyendo la eficiencia muscular de futbolistas adultos profesionales comparados con jugadores juveniles no profesionales en la búsqueda de describir posibles diferencias en ambos grupos para orientar procesos de entrenamiento en fútbol joven.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Diseño y Participantes**

Estudio de tipo descriptivo correlacional de corte transversal. En este estudio participaron 52 futbolistas profesionales adultos masculino (A) y 57 futbolistas juveniles masculinos (J), pertenecientes a la liga de fútbol de Paraguay, primera división o categoría “A” para los adultos y fútbol formativo de clubes de primera división para los juveniles. Las características de los jugadores son presentadas en la tabla 1. Fueron excluidos aquellos participantes que presentaban lesiones u otra condición que impidiera realizar la prueba de esfuerzo aeróbico máximo.

Los jugadores, su cuerpo técnico y gerencia deportiva fueron informados de las características de la medición, el procedimiento, todos los futbolistas firmaron un consentimiento informado. Para el caso de los menores de edad se informó a los padres, tutores o representantes frente al Club. La medición se incorporó como parte del proceso normal de mediciones de inicio de temporada. El estudio fue aprobado por el comité de ética local y se siguieron estrictamente las normas de Helsinki para estudios con seres humanos.

### **2.2 Procedimiento**

Cada participante llevó a cabo una prueba de carrera de ergoespirometría en un tapiz rodante (Modelo LX 161, Movement, Pompeia, Brasil) mientras eran medidos sus gases con un analizador (PNOÉ, Atenas, Grecia) que contiene un sensor de medición para  $O_2$  y  $CO_2$  con el método de respiración por respiración. El equipo fue calibrado automáticamente antes de cada evaluación. Al



Segales et al.

inicio del protocolo de ejercicio el atleta comenzaba con una caminata de 3 minutos a una velocidad de 5 km/h para luego correr a 10 km/h con 1.5% de pendiente. Cada un minuto se incrementó únicamente la velocidad en 1 km/h hasta agotamiento del sujeto. La recuperación se llevó a cabo a través de una caminata a la velocidad inicial. Además de los gases, la frecuencia cardíaca y los volúmenes ventilatorios fueron medidos durante la prueba. La determinación del  $VO_{2max}$  correspondió al nivel más alto de  $VO_2$  en litros que el deportista fue capaz de mantener durante al menos 30 segundos. La prueba fue considerada máxima, y válida para el análisis, si el cociente respiratorio alcanzaba al menos el valor de 1.15 y la frecuencia cardíaca máxima era superior al 95% del valor previsto para la edad (criterios de determinación de esfuerzo máximo). Previo a la evaluación se realizó una entrada en calor de 5 minutos de caminata suave y 5 minutos de elongación y activación de extremidades inferiores. La evaluación se realizó en el laboratorio de Fisiología de la Clínica “Ciencia y Deporte” (Asunción, Paraguay) en horario de mañana, previo al inicio de la pretemporada del Torneo Apertura 2020. Las condiciones del laboratorio fueron controladas, manteniéndose entre 18 y 20°C la temperatura, y 45 a 60% la humedad relativa.

A partir de los datos recogidos durante la ergoespirometría se obtuvo el  $VO_{2max}$  absoluto y relativo. Además, se determinó la velocidad aeróbica máxima (VAM), la cual corresponde a la velocidad más baja donde se alcanzó el valor de  $VO_{2max}$ . La eficiencia muscular se obtuvo de la transformación del consumo de oxígeno máximo, en consumo de energía en kilocalorías, y su relación porcentual con la energía producida transformada en kilocalorías como sigue:

- Ecuación 1:  $(\text{Kcal minuto de trabajo mecánico} / \text{Kcal total de } VO_{2max}) * 100$
- Ecuación 2:  $\text{Kcal minuto de trabajo mecánico} = \text{Vatios minuto máximo} * 0,86$
- Ecuación 3:  $\text{Kcal total de } VO_{2max} = 4,85 * VE * ((20,93 - FEO_2) / 100)$

\*Donde,  $FEO_2$  es fracción espirada de oxígeno en  $VO_{2max}$ , VE es ventilación minuto en  $VO_{2max}$ .

### 2.3. Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa JASP v.0.12.2, un programa de código abierto para análisis estadístico. Con la prueba de Shapiro-Wilk se determinó distribución de la muestra asumiendo normalidad en los datos. Para la comparación de los promedios entre los grupos (A y J) se llevó a cabo la prueba contraste T (*Student's t-test*) para muestras independientes. Con un tamaño del efecto determinado mediante la D de Cohen, para las cuatro variables contrastadas.

### 3. RESULTADOS

Los resultados del estudio se exponen a continuación (Tabla 1 características de la muestra y Figuras 1, 2, 3 y 4), en base a la descripción de los datos y los análisis estadísticos llevados a cabo.

**Tabla 1.** Análisis descriptivos de la muestra

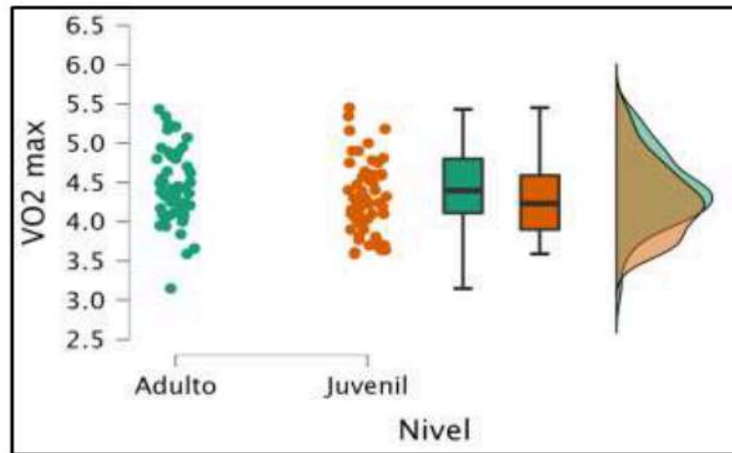
	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>Des. Típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Edad A (años)	52	26.25	5.80	18.00	39.00
Edad J (años)	57	17.44	1.44	15.00	20.00
Talla (m) A	52	1.79	0.06	1.69	1.93
Talla (m) J	57	1.78	0.06	1.67	1.92
Peso (kg) A	52	78.77	6.62	64.00	91.00
Peso (kg) J	57	72.13	7.44	60.00	90.00

**Tabla 2.** Estadísticos Descriptivos

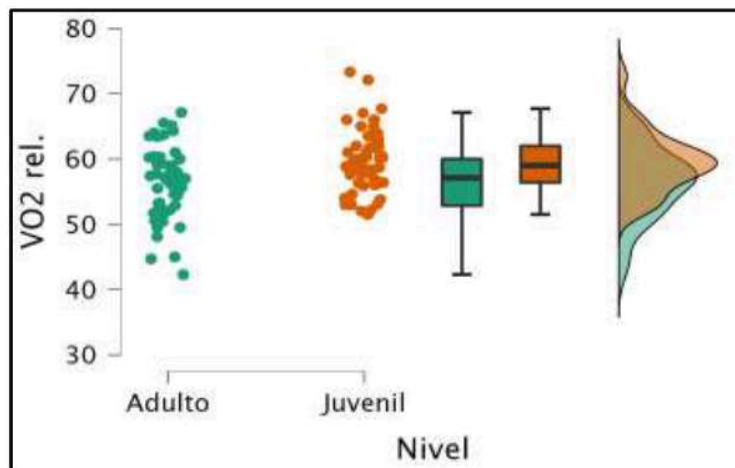
	<b>Válidos</b>	<b>Media</b>	<b>Des. Típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
VO <sub>2</sub> máx. A (L)	52	4.43	0.46	3.15	5.43
VO <sub>2</sub> máx. J (L)	57	4.28	0.47	3.59	5.45
VO <sub>2</sub> rel. A (ml/kg <sup>-1</sup> min)	52	56.42	5.45	42.30	67.10
VO <sub>2</sub> rel. J (ml/kg <sup>-1</sup> min)	57	59.55	4.66	51.50	73.30
VAM A (Km/h)	52	17.69	1.09	15.00	20.00
VAM J (Km/h)	57	16.56	0.87	15.00	18.00
EM A (%)	52	31.11	5.78	20.35	49.81
EM J (%)	57	27.36	5.96	18.42	50.61

Estadística descriptiva de los resultados obtenidos en la prueba se expresan los valores de VO<sub>2</sub>máx. A (Consumo máximo de oxígeno absoluto en futbolistas adultos; VO<sub>2</sub>máx J (Consumo máximo de oxígeno absoluto en futbolistas juveniles); VO<sub>2</sub> rel. A (Consumo máximo de oxígeno relativo en futbolistas adultos); VO<sub>2</sub> rel. J (Consumo máximo de oxígeno relativo en futbolistas Juveniles); VAM A (Velocidad aeróbica máxima futbolistas adultos); VAM J (Velocidad aerobia máxima futbolistas Juveniles); EM A (Eficiencias muscular en futbolistas adultos); Eficiencia muscular en futbolistas juveniles).

### 3.1. Figuras de análisis

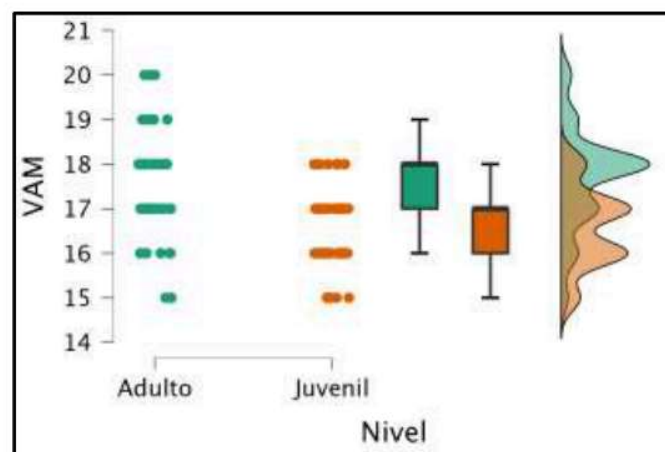


**Figura 1.** El VO2 máximo absoluto en litros no presenta diferencia significativa ( $p=0.098$ ) entre adultos vs juveniles con un tamaño del efecto pequeño (0.320).

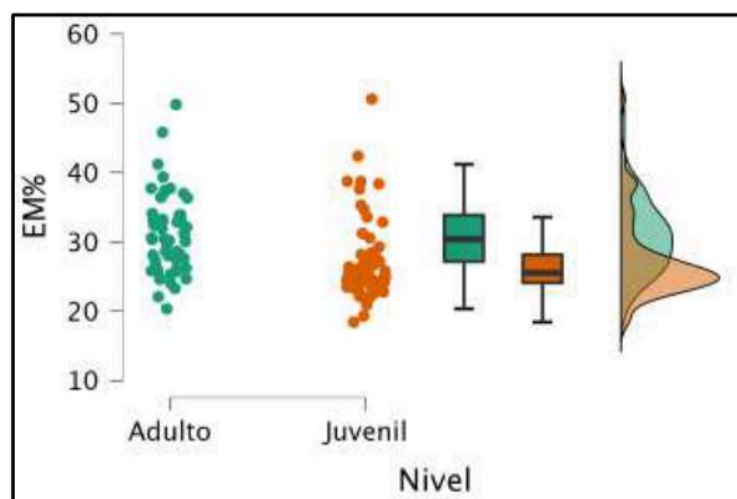


**Figura 2.** El VO2 máximo relativo en ml/kg-min presenta diferencia significativa ( $p=0.002$ ) entre Adultos vs Juveniles, en favor de Juveniles, con un tamaño del efecto medio (0.618).

Segales et al.



**Figura 3.** La VAM en Km/h presenta diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) entre Adultos vs Juveniles, en favor de los adultos, con un tamaño del efecto alto (1.152).



**Figura 4.** La EM% (eficiencia muscular) en porcentaje presenta diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) entre Adultos vs Juveniles, en favor de los adultos, con un tamaño del efecto medio (0,639).

#### 4. DISCUSIÓN

Habitualmente en el fútbol se utilizan mediciones indirectas de campo para determinar la potencia aeróbica a pesar que las valoraciones con análisis directo de gases en laboratorio se reconocen como las pruebas de oro más utilizada en fisiología aplicada, para determinar el  $VO_{2máx}$  y la VAM (Riboli et al., 2021). Se ha reconocido que la medición de campo subestima el  $VO_{2máx}$  en comparación con la prueba de laboratorio (Castagnio et al., 2006; Sánchez et al., 2014), tal como lo mostro un estudio



*Segales et al.*

sobre futbolistas jóvenes europeos, donde se contrastó el Yo-yo test con una medición directa de  $VO_{2\text{máx}}$  en laboratorio, concluyendo que la prueba de campo subestima el  $VO_{2\text{máx}}$  en un 15% en contraste a una prueba en laboratorio (Michailidis et al., 2020). Creemos por tanto necesario contar con valores de Laboratorio al menos una vez al año en futbolistas profesionales y juveniles, para identificar con mayor certeza la Potencia aeróbica asociada con intensidades de esfuerzo, permitiendo reconocer las características y el grado de entrenamiento de diferentes parámetros cardiorrespiratorios y metabólicos máximos en cada jugador, razón por la cual nuestro estudio ha querido profundizar en la información obtenida durante una prueba con análisis de gases en laboratorio sobre dos grupos de futbolistas con características diferentes.

En un estudio de Castagnio et al. (2006) se muestran valores de  $VO_{2\text{máx}}$ , un 10% más bajos en comparación a los obtenidos en la muestra de futbolistas jóvenes de nuestro estudio, es necesario considerar que los futbolistas medidos por Castagnio eran italianos de nivel regional vs nuestra muestra que corresponde a jugadores de nivel formativo dentro de un club profesional, grupo que podría considerarse como de mayor nivel. En este contexto nuestro estudio presenta valores máximos de laboratorio como referencia, para comprender el desarrollo de la condición aeróbica del fútbol juvenil formativo y su contraste con jugadores adultos.

En el caso de los profesionales adultos un interesante estudio determinó que los equipos que terminaron en las primeras posiciones de la competencia, tenían valores mayores de  $VO_{2\text{máx}}$  sobre los equipos de las últimas posiciones, en la primera liga de Fútbol de Noruega (Wisloff et al., 1998; Stølen et al., 2005). En otro estudio ya clásico (Bangsbo, 2000) se midió a sesenta y cinco futbolistas profesionales quienes evidenciaron valores de  $VO_{2\text{máx}}$  relativo similares en promedio a los presentados por los futbolistas juveniles de nuestro estudio, pero superior en valor relativo a los futbolistas adultos de nuestra investigación. Otros estudios reportan que los jugadores masculinos de élite poseen un  $VO_{2\text{máx}}$  en el rango entre 62 -65 ml/kg-1min, lo que es mayor que el promedio de los dos grupos del presente estudio (Datson et al., 2014; Tonnessen et al., 2013).

Recientemente se ha reforzado la idea de determinar con precisión la VAM en el fútbol, calculando su diferencia con la velocidad máxima de locomoción, determinada por GPS o por prueba directa de velocidad lineal, con la intención de calcular la denominada “reserva de velocidad anaeróbica” (RVA), con el fin de orientar la preparación física individualizada, en base a la tipología fisiológica de los futbolistas (Sandford et al., 2021), esta RVA presenta una relación positiva entre VAM y velocidad máxima locomotora en futbolistas juveniles, pero en jugadores adultos se manifiesta una mayor especialización hacia la resistencia o hacia la velocidad, lo que produce una baja relación entre las dos velocidades en los jugadores adultos (Méndez-Villanueva et al., 2010). Determinando

*Segales et al.*

diferencias en los perfiles fisiológicos de juveniles vs adultos, dando sustento a nuestra línea de investigación estudiada donde describimos diferencias en ambos grupos.

El principal objetivo de este estudio fue analizar las posibles diferencias entre futbolistas profesionales adultos vs juveniles no profesionales, en la búsqueda de entender los procesos formativos vinculados a la condición física y en particular a los componentes de rendimiento aeróbico, la evidencia científica ha demostrado que el  $VO_{2max}$  aumenta con la edad (Boraczyński et al., 2015; Canhadas et al., 2010). Se han observado valores de  $VO_{2max}$  más altos en los jugadores de fútbol adultos vs los juveniles (Aziz et al., 2008). Esto se explica en parte por las diferencias de estado de madurez biológica, tamaño corporal y volumen de entrenamiento entre categorías de 10 y 15 años y entre jugadores de fútbol adultos y junior (Mendez-Villanueva et al., 2010). Existe una alta heterogeneidad en los estudios de jóvenes futbolistas, con alta variedad de protocolos hasta el agotamiento, para predecir el  $VO_{2max}$ , lo que puede influir en la comparación de resultados en diferentes investigaciones. En este contexto dentro de nuestro estudio se busca aportar con la experiencia utilizando un mismo protocolo en dos grupos de diferente categoría, fútbol juvenil vs fútbol profesional adulto, con una diferencia importante en edad cercana a los 10 años en promedio. En otros estudios no hubo diferencias significativas entre series menores 15 y menores de 16 años, entre menores 16 y menores de 17 años (Chamari et al., 2005), entre púberes (13,4 años) y pospúberes (17 años) (Cunha et al., 2011) y entre jugadores de 18,6 y 22,5 (Botek et al., 2016), este fenómeno podría explicarse por la pequeña diferencia de edad cronológica y biológica entre estos grupos. Finalmente, los jugadores de fútbol formativo deben estar en dispares niveles de maduración, y es probable que aquellos que son más maduros presenten un mayor rendimiento aeróbico en contraste con los de menor nivel madurativo (Carling et al., 2009; Hirose et al., 2009; Lovell et al., 2015), el presente estudio no encontró diferencias sobre los valores absolutos de consumo de oxígeno en litros entre los dos grupos, pero los valores relativos alcanzaron diferencias significativas en favor del grupo juvenil, lo que estaría explicado por un menor peso corporal de los futbolistas jóvenes, que se puede relacionar hipotéticamente con una menor masa muscular, lo a su vez podría explicar la menor VAM en comparación a los adultos y la mayor Eficiencia Muscular (EM) por parte de los jugadores profesionales. Creemos que esto último es el resultado de una masa muscular mayor y una mejor adaptación neuromuscular y metabólica de la musculatura, asociada con más tiempo (años) de especialización deportiva, más temporadas de entrenamiento específico concurrente de fuerza y resistencia orientados al fútbol, traducidos en un perfil fisiológico más claro como futbolistas profesionales.

En un estudio de nuestro grupo (Segales et. al., 2021) identificamos que al someter a un plantel de fútbol profesional a 11 semanas de desentrenamiento, las mayores reducciones en el rendimiento se

Segales et al.

produjeron sobre el  $VO_{2max}$  y existió menos efecto deletéreo sobre la VAM; en el caso de la EM esta incluso de vio aumenta, debido a la mayor reducción del metabolismo del oxígeno, en contraste con una manutención de la función neuromuscular o menor deterioro de la energía mecánica producida.

Aplicación práctica: A la luz de estos resultados y siguiendo el modelo de Lloyd (Lloyd et. al., 2012), creemos necesario pensar en adelantar los énfasis en entrenamiento de la fuerza, potencia y velocidad en los procesos de fútbol formativo. Con el fin de conseguir un desarrollo precoz de la función muscular general y orientada, acompañando el desarrollo de la potencia aeróbica.

## 5. REFERENCES

1. Abeytua M, Berenguel A, Castillo J. (2019). *Comprendiendo la Ergometría con gases*. 1era ed. García F de P, editor. Madrid: Omnicordis. 1–178.
2. Antivero, E., Vargas, C., & Contró, J. (2008). Consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) directo en jugadores del fútbol profesional argentino. *Calidad de vida y salud*, 1(1), 83-101.
3. Ariza, H. H. L., Jiménez, A. S., & Villada, J. F. R. (2011). Demandas fisiológicas y psicológicas en el fútbol. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, 1(2), 41-55.
4. Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. H., & Teh, K. C. (2008). Validity of the running repeated sprint ability test among playing positions and level of competitiveness in trained soccer players. *International journal of sports medicine*, 29(10), 833-838. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038410>
5. Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 12(sup1), S5-S12. <https://doi.org/10.1080/02640414.1994.12059272>
6. Bangsbo, J. (2000). Muscle oxygen uptake in humans at onset of and during intense exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 168(4), 457-464.
7. Bangsbo, J., Iaiá, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 2(2), 111-127.
8. Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
9. Boraczyński, M., Boraczyński, T., Podstawski, R., & Wójcik, Z. (2015). Relationships between anthropometric traits, body composition and aerobic capacity in male soccer players aged 13–15 years. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 69(25), 33-40. <https://doi.org/10.5604/17310652.1192078>
10. Botek, M., Krejčí, J., McKune, A. J., & Klimešová, I. (2016). Somatic, endurance performance and heart rate variability profiles of professional soccer players grouped according to age. *Journal of Human Kinetics*, 54, 65. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0035>
11. Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *International journal of sports medicine*, 31(11), 818-825. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1262838>
12. Canhadas, I. L., Silva, R. L. P., Chaves, C. R., & Portes, L. A. (2010). Anthropometric and physical fitness characteristics of young male soccer players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 12, 239-245. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010V12N4P239>
13. Carling, C., Le Gall, F., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). Do anthropometric and fitness characteristics vary according to birth date distribution in elite youth academy soccer



- players? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(1), 3-9. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00867.x>
14. Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Belardinelli, R., Abt, G., Coutts, A., Chamari, K., & D'ottavio, Stefano (2006). Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 326-330. <https://doi.org/10.1519/R-17144.1>
  15. Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., & Alvarez, J. C. B. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3227-3233. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e72709>
  16. Chamari, K., Moussa-Chamari, I., Boussaidi, L., Hachana, Y., Kaouech, F., & Wisløff, U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(2), 97-101. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.010215>
  17. Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Medicine*, 44, 1225-1240. <https://doi.org/10.1007%2Fs40279-014-0199-1>
  18. González Collazos, C. F., & Calambas Yotengo, G. A. (2014). *Caracterización antropométrica, funcional y motora del equipo pre juvenil de la escuela de fútbol de la Universidad del Valle, con edades de 14 a 15 años*. (Doctoral dissertation).
  19. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. A. N. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1925-1931.
  20. Henderson, B., Cook, J., Kidgell, D. J., & Gustin, P. B. (2015). Game and training load differences in elite junior Australian football. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 494.
  21. Hirose, N. (2009). Relationships among birth-month distribution, skeletal age and anthropometric characteristics in adolescent elite soccer players. *Journal of sports sciences*, 27(11), 1159-1166. <https://doi.org/10.1080/02640410903225145>
  22. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. L. D. O., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(6), 1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
  23. Keir, D. A., Zory, R., Boudreau-Larivière, C., & Serresse, O. (2012). Mechanical efficiency of treadmill running exercise: effect of anaerobic-energy contribution at various speeds. *International journal of sports physiology and performance*, 7(4), 382-389. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.382>
  24. Langan, S. P., & Grosicki, G. J. (2021). Exercise is medicine and the dose matters. *Frontiers in Physiology*, 12, 664. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.660818>
  25. Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
  26. Lovell, R., Towson, C., Parkin, G., Portas, M., Vaeyens, R., & Cogley, S. (2015). Soccer player characteristics in English lower-league development programmes: The relationships between relative age, maturation, anthropometry and physical fitness. *PloS one*, 10(9), e0137238. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137238>
  27. Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Poon, T. K., Simpson, B., & Peltola, E. (2010). Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation? *Pediatric exercise science*, 22(4), 497-510. <https://doi.org/10.1123/pes.22.4.497>
  28. Michailidis, Y., Chavlis, S., Mitrotasios, M., Ispirlidis, I., Vardakis, L., Margonis, K., & Metaxas, T. (2020). The use of Yo-Yo intermittent recovery test level 1 for the estimation of



- maximal oxygen uptake in youth elite soccer players. *TRENDS in Sport Sciences*, 27(3), 167-173. <https://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.3-7>
29. Ramos, G. P., Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Junior, W. B., Mahseredjian, F., Wilke, C. F., & Coimbra, C. C. (2017). Movement patterns of a U-20 national women's soccer team during competitive matches: influence of playing position and performance in the first half. *International journal of sports medicine*, 38(10), 747-754. <https://doi.org/10.1055/s-0043-110767>
  30. Ratel, S., Duché, P., & Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*, 36, 1031-1065. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00004>
  31. Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., & Krustup, P. (2014). Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *European journal of sport science*, 14(sup1), S148-S156. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.664171>
  32. Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences*, 15(3), 257-263. <https://doi.org/10.1080/026404197367263>
  33. Riboli, A., Coratella, G., Rampichini, S., Limonta, E., & Esposito, F. (2022). Testing protocol affects the velocity at VO2max in semi-professional soccer players. *Research in Sports Medicine*, 30(2), 182-192. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1878460>
  34. Salazar Martínez, J. L., & Jiménez Trujillo, J. O. (2018). Evaluación del consumo máximo de oxígeno (VO2max) y el porcentaje de grasa en futbolistas jóvenes. *VIREF Revista de Educación Física*, 7(1), 50-86.
  35. Sánchez, J. S., Pereira, J. M. L., Rodríguez, J. G., García, D. M., & Martín, D. R. (2014). Efecto de la motivación del entrenador sobre la carga interna y el rendimiento físico de un juego de fútbol reducido 3x3. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(3), 169-176.
  36. Sandford, G. N., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2021). Anaerobic speed/power reserve and sport performance: scientific basis, current applications and future directions. *Sports Medicine*, 51(10), 2017-2028. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01523-9>
  37. Segalés-Gill, D. M., Cofré-Bolados, C., Beas-Jimenez, J. D., Valdivia-Moral, P., & DeMoraes, G. (2021). Reducción del consumo máximo de oxígeno después de once semanas de desentrenamiento en futbolistas profesionales. *Journal of Sport and Health Research*, 13(Supl 1), 121-130.
  38. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.
  39. Strøyer, J., Hansen, L., & Klausen, K. L. A. U. S. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(1), 168-174. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000106187.05259.96>
  40. Tønnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2013). Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989–2012. *International journal of sports physiology and performance*, 8(3), 323-329.
  41. Vales, V. A., Areces, G. A., Arce, F. C., & Torrado, Q. J. (2017). Comparación del grado de especificidad de dos microciclos de entrenamiento en fútbol correspondientes a un equipo profesional y a un equipo en formación. *Retos*, 32, 14-18.
  42. Wisloeff, U. L. R. I. K., Helgerud, J. A. N., & Hoff, J. A. N. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3), 462-467. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00019>
  43. Zinner, C., Sperlich, B., Wahl, P., & Mester, J. (2015). Classification of selected cardiopulmonary variables of elite athletes of different age, gender, and disciplines during incremental exercise testing. *Springerplus*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186%2Fs40064-015-1341-8>



*Segales et al.*

#### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

All authors listed have made a substantial, direct, and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

#### **CONFLICTS OF INTEREST**

The authors declare no conflict of interest.

#### **FUNDING**

This research received no external funding.

#### **COPYRIGHT**

© Copyright 2023: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.