



Suárez-Moreno Arrones, L.J.; Nuñez, F.J. (2011). Physiological and antropometric characteristics of elite rugby players in Spain and relative power out as predictor of performance in sprint and RSA. *Journal of Sport and Health Research*. 3(3):191-202.

Original

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICO-ANTROPOMÉTRICAS DEL
JUGADOR DE RUGBY ÉLITE EN ESPAÑA Y LA POTENCIA
RELATIVA COMO PREDICTOR DEL RENDIMIENTO EN SPRINT Y
RSA**

**PHYSIOLOGICAL AND ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS
OF ELITE RUGBY PLAYERS IN SPAIN AND RELATIVE POWER
OUTPUT AS PREDICTOR OF PERMORMANCE IN SPRINT AND
RSA**

Suárez-Moreno, L.J.^{1,2}; Nuñez, F.J.^{1,2}

¹ *University Pablo de Olavide. Seville.*

² *VFsport. Seville.*

Correspondence to:
Luis J. Suárez-Moreno Arrones
University Pablo de Olavide
Carretera de Utrera, km. 1. 41013,
Sevilla.
Email: ljsuamor@upo.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 24-03-2011
Accepted: 16-06-2011



RESUMEN

Un total de 36 jugadores de rugby de élite con una media de edad, altura, peso, índice de masa corporal y porcentaje de grasa: 26 ± 2.8 años, 180.9 ± 7.8 cm, 98.3 ± 15.6 kg, 28.6 ± 4 de IMC, y 14.21 ± 3.02 de % de grasa respectivamente, realizaron pruebas de potencia máxima en $\frac{1}{2}$ sentadilla (AP), velocidad en 10 y 40 m (T10; T40), capacidad de repetir sprint (RSA), test de saltos (SJ y CMJ), y ergometría en un test incremental en tapiz rodante, obteniendo los siguientes resultados: AP (1223.69 ± 161.29 vatios), T10m (1.71 ± 0.12 s), T40 (5.42 ± 0.29 s), RSA mejor (7.51 ± 0.35 s), RSA medio (7.81 ± 0.37 s.), SJ (33.30 ± 4.94 cm), CMJ (43.70 ± 5.38 cm), y $VO_2\max$ (45.6 ± 5.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Se encontraron diferencias significativas entre los delanteros y los tres cuartos para los test de AP, 40 m, RSA medio, RSA mejor y $VO_2\max$. Por otro lado, existe una correlación significativa entre los valores obtenidos para las pruebas RSA medio vs. $VO_2\max$ ($r = -0.822$; $p < 0.01$); RSA mejor vs. T10 y T40 ($r = 0.623$ y 0.810 ; $p < 0.01$ respectivamente); T10 vs. T40 ($r = 0.876$; $p < 0.01$); SJ vs. T10, T40 m y RSA mejor ($r = -0.584$, -0.691 y -0.570 ; $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.05$ respectivamente); y CMJ vs. T10, T40m y RSA mejor ($r = -0.575$, -0.702 y -0.630 ; $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.05$ respectivamente). Solo los tres cuartos presentaron una correlación significativa entre SJ vs. AP ($r = 0.93$, $p < 0.01$), y CMJ vs. AP ($r = 0.85$, $p < 0.01$), pero sí existen en todo el grupo correlaciones significativas entre la potencia relativa al peso corporal (POT_{REL}) y el SJ y CMJ ($r = 0.689$ y 0.758 , $p < 0.01$). También existen correlaciones entre POT_{REL} y T10, T40, RSA mejor y RSA medio ($r = -0.628$, -0.758 , -0.72 y -0.74 , $p < 0.01$). En conclusión, a través del test RSA propuesto, obtenemos datos que nos podrían permitir el estimar el estado condicional del jugador de rugby élite español. El ejercicio de $\frac{1}{2}$ sentadilla es un posible predictor del rendimiento en sprint y RSA.

Palabras clave: sprint, test, potencia, rugby, RSA.

ABSTRACT

A total of 36 elite rugby players with a mean of age, height, weight, body mass index and fat percentage: 26 ± 2.8 years, 180.9 ± 7.8 cm, 98.3 ± 15.6 kg, BMI 28.6 ± 4 , and 14.21 ± 3.02 for % of fat respectively, tested at $\frac{1}{2}$ peak power squat (AP), speed at 10 and 40 m (T10, T40), repeated sprint ability (RSA), test jumps (SJ & CMJ), and incremental test on a treadmill, with the following results: AP (1223.69 ± 161.29 watts), T10m (1.71 ± 0.12 s), T40 (5.42 ± 0.29 s), RSA best (7.51 ± 0.35 s) RSA mean (7.81 ± 0.37 s), SJ (33.30 ± 4.94 cm) CMJ (43.70 ± 5.38 cm), and $VO_2\max$ (45.6 ± 5.1 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Significant differences were found between the forwards and backs for the AP, 40 m, RSA mean, RSA best and $VO_2\max$. There is a significant correlation between the RSA mean vs. $VO_2\max$ test ($r = -0.822$, $p < 0.01$); RSA best vs. T10 and T40 ($r = 0.623$ and 0.810 , $p < 0.01$ respectively); T10 and T40 ($r = 0.876$, $p < 0.01$); SJ vs. T10, T40 m and RSA best ($r = -0.584$, -0.691 and -0.570 , $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.05$ respectively) and CMJ vs. T10, T40 m and RSA best ($r = -0.575$, -0.702 and -0.630 , $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.05$ respectively). Only backs had a significant correlation between SJ vs. AP ($r = 0.93$, $p < 0.01$), and CMJ vs. AP ($r = 0.85$, $p < 0.01$), but there are significant correlations between power output relative to body weight (POW_{REL}) and SJ & CMJ ($r = 0.689$ and 0.758 , $p < 0.01$), among the whole group. There are also correlations between POW_{REL} and T10, T40, RSA best and RSA mean ($r = -0.628$, -0.758 , -0.72 and -0.74 , $p < 0.01$). In conclusion, through the RSA test proposed, we have collected data that could allow us to estimate the conditional profile of an elite rugby Spanish player. The $\frac{1}{2}$ squat exercise is a possible predictor of performance in sprint and RSA.

Keywords: sprint, test, power, rugby, RSA.



INTRODUCCIÓN

El rugby es un deporte de equipo y contacto jugado por diferentes grupos de edades y a diferentes niveles: amateurs, semi-profesionales, y profesionales (Gabbett, 2005b). Un partido tiene una duración de 80 minutos, donde se alternan acciones de alta intensidad como sprint, placajes o cualquier otro tipo de contacto con periodos de recuperación. Distintas capacidades condicionales como la velocidad, la capacidad para repetir sprint, la potencia aeróbica o la potencia muscular, son requeridas en mayor o menor medida durante el transcurso del partido. Sin embargo, es probable que la capacidad de los jugadores para repetir esfuerzos de alta intensidad de forma intermitente durante todo el partido, sea uno de los factores que más condiciona el rendimiento de los jugadores.

Diferentes estudios en la literatura científica han documentado las características fisiológicas y antropométricas de jugadores de rugby (Gabbett, 2005a; Meir, 1993; O'Connor, 1996). Se han detectado incrementos a lo largo de la temporada tanto en el $VO_2\text{max}$ como en la potencia muscular, así como reducciones en los pliegues cutáneos. Asimismo se han registrado reducciones en la potencia muscular, $VO_2\text{max}$ o incrementos en los pliegues cutáneos cuando finaliza esta, o cuando los jugadores están en un periodo de recuperación de un proceso lesivo (Gabbett, 2005a).

Muchos entrenadores e investigadores creen que el poseer un nivel alto de condición aeróbica, es un prerrequisito para un rendimiento anaeróbico superior durante actividades intermitentes sostenidas (Jenkins, 1993). Un $VO_2\text{max}$ elevado puede incrementar la contribución aeróbica de producción de energía durante las fases iniciales del ejercicio y en los periodos de recuperación, compensando la fatiga y manteniendo el posterior rendimiento en sprint (Billat, 2001). Sin embargo, no existe mucha información en la literatura acerca de test que evalúen la capacidad de repetir esfuerzos de alta intensidad en jugadores de rugby y sus potenciales correlaciones con el resto de test de evaluación.

La administración de una batería de test en un grupo de deportistas, es una tarea ardua que requiere una óptima selección de test que ofrezcan datos útiles y fiables. Teniendo en cuenta la relación existente entre la capacidad aeróbica y la anaeróbica, planteamos la hipótesis de que una valoración de la capacidad de

repetir sprint "Repeated Sprint Ability" (RSA) en jugadores de rugby, se podría correlacionar con los niveles $VO_2\text{max}$ obtenidos mediante una ergometría en cinta motorizada y con el tiempo empleado en recorrer a máxima velocidad la distancia de 10 y 40 metros. Consecuentemente, otro de los objetivos de este estudio es analizar las posibles relaciones entre las diversas pruebas de valoración realizadas en esta batería de test (antropométricas, potencia máxima media en $\frac{1}{2}$ sentadilla, velocidad en 10 y 40 metros, RSA, test de salto SJ y CMJ y ergometría en un test incremental en tapiz rodante) con el fin de simplificar el número de test propuestos en la batería de valoración, así como determinar cuáles son los más útiles y eficientes para darnos información sobre el estado condicional del jugador de rugby. Como tercer objetivo nos planteamos establecer las diferencias existentes en las pruebas de valoración realizadas entre los jugadores con un rol de delantero y de tres cuartos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Un grupo de 36 jugadores de rugby de alto nivel completaron la totalidad de los test propuestos, a excepción del test de $VO_2\text{max}$ que solamente fue realizado por 16 jugadores. La media de edad, altura, peso, índice de masa corporal y porcentaje de grasa fue 26 ± 2.8 años, 180.9 ± 7.8 cm, 98.3 ± 15.6 kg, 28.6 ± 4 de IMC, y 14.21 ± 3.02 de % de grasa, respectivamente. Los sujetos de este estudio han sido definidos como "élite", ya que compiten en la máxima categoría española, y muchos de ellos han jugado o juegan con sus selecciones nacionales. Antes del proceso de investigación, los sujetos fueron informados acerca del estudio y sus objetivos, incluyendo los riesgos y beneficios de su participación en él. Todos los jugadores recibieron la instrucción de no realizar ejercicio extenuante en las 48 horas previas a cada sesión de test, y consumir su dieta habitual previa a cada sesión de entrenamiento.

Procedimiento

Los diferentes test realizados con los jugadores se distribuyeron en 2 sesiones y fueron llevados a cabo al inicio de la temporada regular.



La primera sesión de test comenzó con las mediciones antropométricas. Después de un calentamiento estandarizado se realizó el test de potencia muscular del tren inferior en el gimnasio. Tras un descanso de 5 minutos más un calentamiento normalizado para la carrera se realizó el test de velocidad en pista de atletismo. Con un descanso de 10 minutos, se procedió a finalizar esta sesión con el test de capacidad de repetir sprint (RSA).

La segunda sesión de test comenzó con un calentamiento normalizado y el correspondiente test de salto. Tras un descanso de 5 minutos se realizó el test de consumo máximo de oxígeno y su ergometría.

Antropometría e IMC

El porcentaje graso fue estimado en base a la toma de 6 pliegues subcutáneos (bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal y pierna media fueron los lugares seleccionados) según indica la fórmula de Yuhasz modificada por Faulkner (Faulkner, 1968). Los pliegues se midieron por triplicado, con un plicómetro Holtain Skinfold Caliper (Holtain Ltd., Dyfed, UK) con amplitud de 0 a 48 mm, graduación de 0,2 mm y presión constante de 10 g/mm². La posición exacta para la medición de cada pliegue subcutáneo fue acorde a los procedimientos descritos por Norton et al. (Norton, Marfell-Jones, Withingham, & al., 2000). La altura y el peso para establecer el índice de masa corporal (IMC) fueron medidas utilizando un estadiómetro modelo Holtain (Holtain Ltd., Dyfed, UK) y una báscula modelo SEGA (Hamburg, Germany) respectivamente.

Test de potencia muscular del tren inferior

La potencia del tren inferior fue estimada a través de la fase concéntrica de la acción de ½ sentadilla en pórtico. Se realizó un test incremental con 5 cargas diferentes (60, 80, 90, 100, 120 kg), monitorizado mediante un encoder lineal (Muscle-LabTM, Langesund, Norway). Este dispositivo permite calcular valores de potencia máxima media (AP) estimada, a partir de la carga y la velocidad a la cual ésta es movilizada. Se les solicitó a los jugadores que realizaran una acción excéntrica a una velocidad moderada para después imprimir la máxima velocidad posible en la fase concéntrica del movimiento. Cada jugador realizaba 5 repeticiones de

las cuales se seleccionaba la que hubiera obtenido un mejor registro de potencia.

Test de velocidad

La velocidad de carrera de los jugadores fue evaluada mediante sprint de 10 y 40 metros usando tres células fotoeléctricas conectadas al Muscle-LabTM. Las fotocélulas fueron colocadas en la posición de salida, otra a 10 metros de distancia, y la última a 40 metros. Los jugadores fueron instruidos en que debían correr de la manera más rápida posible desde que se efectuase la salida y a lo largo de los 40 metros. La velocidad fue medida utilizando el valor obtenido más rápido de los dos ensayos o series efectuadas.

Test de capacidad para repetir sprint (RSA)

La capacidad para repetir sprint fue evaluada mediante el test de 40 m (20+20 m) validado por Impellizzeri et al. (Impellizzeri, et al., 2008). El protocolo consiste en realizar 6 sprint máximos partiendo de una posición estática, y con una recuperación entre sprint de 20 segundos.

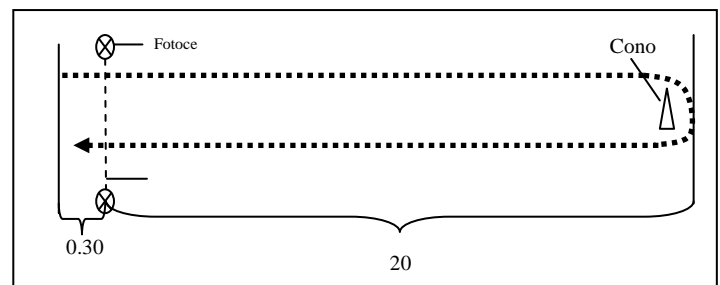


Figura 1. Test de RSA validado por Impellizzeri et al. (Impellizzeri, et al., 2008). "Shuttle Sprint Test".

El material utilizado ha sido una cinta métrica, una puerta de células fotoeléctricas y un cono situado a 0,3 m antes de la línea de 20 metros. Las variables obtenidas para establecer las diferentes relaciones han sido el mejor tiempo de sprint (RSA mejor), y el tiempo medio utilizado en realizar los 6 sprint (RSA medio).

Test de salto

La fuerza explosiva y la elástico explosiva del tren inferior fueron estimadas mediante medias de test de salto vertical utilizando una plataforma de fuerza



(Athletjump/IBV). Cada jugador realizó tres SJ y tres CMJ, calculándose la media entre los dos mejores valores para cada tipo de salto.

Test de consumo máximo de oxígeno

El test de VO_2 max fue determinado utilizando un test incremental hasta el agotamiento en una cinta motorizada (Technogym; Gambettola, Forli, Italia). Los test se llevaron a cabo por la mañana, bajo las mismas condiciones ambientales ($21-24^\circ C$ y 44-45% de humedad relativa). Las pruebas de esfuerzo se realizaron con un analizador de gases (Oxycon Delta de Jaeger, Hoechberg, Alemania) el cual contaba con un electrocardiograma (ECG) de 12 canales (Munich, Alemania). Para la prueba en tapiz, el protocolo que utilizado fue el de cargas progresivas con una etapa inicial de 3 minutos a 8 km/h, seguido de una etapa de un minuto a 10 km/h e incrementos posteriores de 1 km/h cada minuto. El valor VO_2 max que se tomó en cuenta fue el más alto obtenido cada 15 segundos, excluyéndose los valores marginales con una función del *software* del analizador.

Análisis estadístico

Como variables independientes hemos dividido la muestra natural en dos grupos en función de su rol en la competición: delanteros y la línea de tres cuartos. Las variables dependientes quedan reflejadas a continuación agrupadas por el test que las proporciona.

Antropometría e IMC: Altura en centímetros, peso en kilogramos, sumatorio de pliegues en mm, % Graso: porcentaje graso corporal estimado, IMC: índice de masa corporal.

Test de potencia muscular del tren inferior. La variable fue estimada en la fase concéntrica del movimiento: Potencia máxima media (AP), medida en vatios.

Test de velocidad: Tiempo en 10 metros (T10) medido en segundos y tiempo en 40 metros (T40) medido en segundos.

Test de capacidad para repetir sprint (RSA): RSA mejor: el menor tiempo de sprint conseguido en las 6 series y medido en segundos; RSA medio: promedio de tiempo empleado en recorrer la distancia en las 6 series, medida en segundos.

Test de salto: "Squat Jump" (SJ) estimado en base al tiempo de vuelo y medido en estimación centímetros,

y "Counter Movement Jump" (CMJ) estimado en base al tiempo de vuelo y medido en estimación de centímetros.

Test de consumo máximo de oxígeno: Consumo máximo de oxígeno relativo (VO_2 max) medido directamente en $m \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

El análisis estadístico ha constado de una estadística descriptiva básica (media y desviación típica), una estadística comparativa que incluía un test de normalidad (Kolmogorov – Smirnov), una T-Student para muestras independientes (Intervalo de confianza del 95%) para la comparación entre delanteros y tres cuartos, y una prueba de correlación lineal de Pearson para establecer el grado de relación entre las distintas variables analizadas.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

La media de altura, peso corporal, índice de masa corporal, sumatorio de los pliegues y porcentaje graso para todos los jugadores fue de 180.9 ± 7.8 cm., 98.3 ± 15.6 kg., 28.6 ± 4 de IMC, 73.16 ± 21.14 mm. y 14.21 ± 3.02 de % graso, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre los delanteros y los tres cuartos en cuanto a peso corporal, sumatorio de pliegues y porcentaje de grasa estimado ($p < 0.01$), no encontrándose diferencias en cuanto a la altura (Tabla 1).

Tabla 1. Características antropométricas de delanteros y tres cuartos en jugadores de rugby élite.

	masa (kg)	altura (cm)	Σ Pliegues (mm)	% grasa
Delanteros	$109.52 \pm 12.13^{**}$	182.59 ± 7.24	$88.07 \pm 20.40^{**}$	$16.40 \pm 2.84^{**}$
Tres cuartos	86.99 ± 11	179.37 ± 9.05	58.26 ± 5.8	12.02 ± 0.82

* Los datos son expresados en media \pm DS. Delanteros= primeras, segundas y terceras líneas. 3/4= Medio melé, apertura, centros, alas y zagueros. ** Diferencias significativas respecto a los tres cuartos ($p < 0.01$).

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS Y MECÁNICAS

La media \pm DS de velocidad en 10 y 40 m, y la mejor serie de RSA (RSA mejor) fueron de 1.71 ± 0.12 s, 5.42 ± 0.29 s, y 7.51 ± 0.36 s



respectivamente. Los valores medios de salto vertical fueron de 33.30 ± 4.94 cm para el SJ, y 43.70 ± 5.38 cm para el CMJ, mientras que la AP fue de 1223.69 ± 161.29 vatios. Por último, el RSA medio y el $VO_2\text{max}$ tuvieron valores de 7.81 ± 0.37 s y 45.6 ± 5.1 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre delanteros y tres cuartos para los test de AP, 40 m, RSA medio, RSA mejor y $VO_2\text{max}$ ($p < 0.05$), no encontrándose diferencias en los test de saltos y T10 m entre ambos grupos (ver figura 2 y tabla 2).

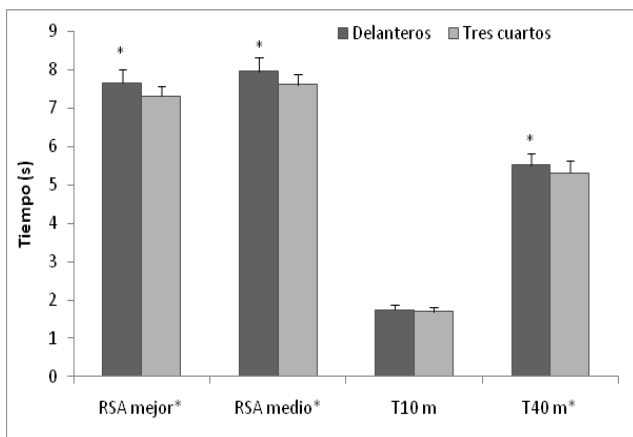


Figura 2. Diferencias entre delanteros y tres cuartos en las variables RSA mejor, RSA medio, T10 y T40 m. *Diferencias significativas respecto a los tres cuartos ($p < 0.05$).

Tabla 2. Características fisiológicas de delanteros y tres cuartos en jugadores de rugby élite.

	SJ (cm)	CMJ (cm)	Squat (w)	Vo2max
Delanteros	31.1 ± 1.8	41.42 ± 1.9	$1279.20 \pm 147^*$	$42.1 \pm 4.4^*$
Tres cuartos	35.22 ± 6.1	43.51 ± 4.6	1128.14 ± 138	48.5 ± 3.6

* Diferencias significativas respecto a los tres cuartos ($p < 0.05$).

RELACIONES ENTRE LOS DIFERENTES TEST

La relación existente entre el RSA medio y la prueba de $VO_2\text{max}$ nos muestra una correlación altamente significativa ($r = -0.822$, $p < 0.01$) (ver figura 3), aunque puede venir determinada por las diferencias en cuanto a las características antropométricas que existen en los jugadores de rugby (si realizamos

correlaciones parciales controladas por la variable peso corporal se reducen a: $r = -0.605$). También existen correlaciones significativas entre el RSA mejor y el T10, T40, POT_{REL} (potencia relativa al peso corporal), SJ y CMJ ($r = 0.62, 0.81, -0.72, -0.57$ y -0.63 ; $p < 0.01$) (ver figuras 3 y 4). Igual ocurre entre la velocidad en 10 y 40 m entre sí ($r = 0.89$, $p < 0.01$). También encontramos correlaciones significativas entre el SJ y el tiempo en 10, 40 m y POT_{REL} ($r = -0.58, -0.69$ y -0.69 ; $p < 0.01$); y entre el CMJ y el tiempo en 10, 40m y POT_{REL} ($r = -0.58, -0.70$ y -0.76 ; $p < 0.01$).

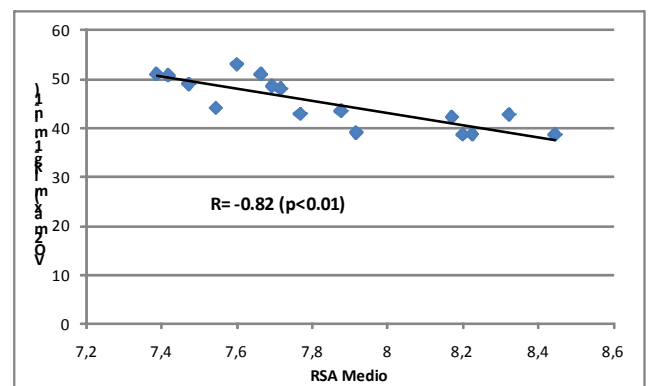


Figura 3. Relaciones entre el $VO_2\text{max}$ (ergometría) y el RSA medio ($N = 16$).

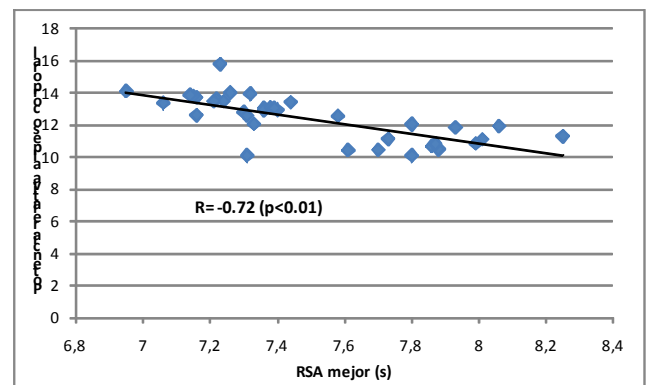


Figura 4. Relaciones entre el RSA mejor y la POT_{REL} en la acción de 1/2 sentadilla ($N = 36$).

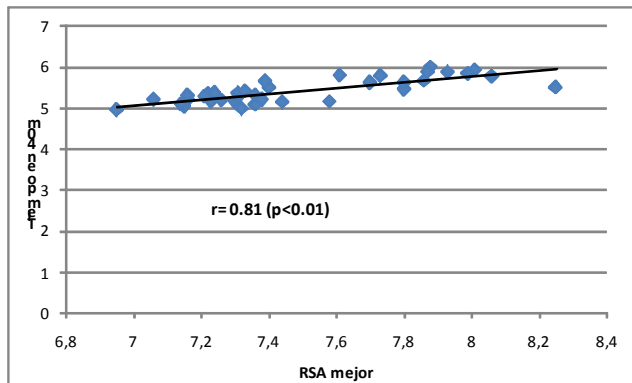


Figura 5. Relaciones entre el RSA mejor y el tiempo en 40 m ($N=36$).

No se han encontrado correlaciones significativas entre T10, T40, RSA mejor, RSA medio, SJ y CMJ con la AP, siempre que las busquemos en la totalidad de los sujetos. Si analizamos solo a los tres cuartos, jugadores con un porcentaje de grasa similar ($N=16$, 12.02 ± 0.82 % grasa), obtenemos una correlación significativa entre el SJ, y la AP ($r=0.93$, $p<0.01$), y entre el CMJ y la AP ($r=0.85$, $p<0.01$). Sin embargo, si tomamos como referencia para todo el grupo la potencia relativa al peso corporal (POT_{REL}), encontramos correlaciones con el T10, T40, RSA mejor, RSA medio, SJ y CMJ ($r=-0.62$, -0.75 , -0.72 , -0.74 , 0.69 y 0.76 ; $p<0.01$ respectivamente).

DISCUSIÓN

El presente estudio es el primero en investigar las características antropométricas y fisiológicas en jugadores de rugby elite pertenecientes a la liga española en su categoría de máximo nivel. Diferentes estudios han examinado las características fisiológicas y antropométricas de jugadores de rugby elite (Meir, Newton, Curtis, Fardell, & Butler, 2001; O'Connor, 1996) y sub-élite (Gabbett, 2006), pero muy pocos han incluido una prueba para valorar la capacidad de repetir sprint. En la mayoría de los trabajos, el valor de VO_2max es estimado mediante un test de campo, y no obtenido mediante ergometría. Los resultados de este estudio nos muestran que los jugadores de rugby elite de la liga española, se encuentran en un nivel algo inferior a otros jugadores de otras ligas más profesionalizadas (D. G. Baker & Newton, 2008; O'Connor, 1995, 1996), aunque superiores a los valores mostrados en otros estudios referentes a jugadores clasificados como sub-élite (Gabbett, 2006).

Nuestro estudio, en concordancia con trabajos previos, refleja que en la mayoría de las variables analizadas existen diferencias significativas entre los jugadores que ocupan la posición de delantero y los que ocupan la posición de tres cuartos. Así, encontramos diferencias significativas entre delanteros y tres cuartos en cuanto al peso corporal, sumatorio de pliegues y velocidad, al igual que en los trabajos de Meir et al. (Meir, et al., 2001) y O'Connor (O'Connor, 1996). También encontramos diferencias significativas entre el VO_2max obtenido por ambos grupos, como ocurre en el trabajo de O'Connor (O'Connor, 1996), aunque en este estudio era estimado mediante una prueba de campo. En cuanto a la capacidad de repetir sprint, también existen diferencias significativas entre grupos, tanto en el RSA mejor como en el RSA medio, lo cual está en la misma línea del estudio de Clark (Clark, 2002), donde evaluó la capacidad para repetir sprint de jugadores que competían en diferentes posiciones, aunque con un protocolo de evaluación diferente al nuestro.

La correlación entre las variables obtenidas de diferentes test de RSA y el VO_2max alcanzado, es un paradigma estudiado en la literatura. Bishop & Edge (Bishop & Edge, 2006) correlacionaron estas dos variables en un test de cicloergómetro, y compararon mujeres poco entrenadas (36.4 ± 4.7 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ VO_2max) con mujeres moderadamente entrenadas (49.6 ± 4.8 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), comprobando que el grupo con mayor VO_2max registró un menor decremento en el trabajo realizado, consiguiendo así disminuir en menor medida su rendimiento por la acumulación de sprint. Estos resultados (en la línea de los nuestros), sugieren que el VO_2max contribuye al rendimiento durante la repetición de sprint. Sin embargo, la correlación entre diferentes tipos de test de RSA realizados en campo y el VO_2max , parece no haber tenido resultados satisfactorios en diferentes modalidades deportivas como el baloncesto, fútbol y hockey hierba (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2007; Brown, Hughes, & Tong, 2007; Castagna, et al., 2007). Wadley & Rossignol (Wadley & Le Rossignol, 1998), y Hoffman et al. (Hoffman, Epstein, Einbinder, & Y., 1999) hacen referencia a que cuando se comparan grupos de deportistas con niveles de condición física aeróbica (VO_2max) homogéneos, y más o menos altos (>50 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), la correlación entre el rendimiento en RSA y el VO_2max desaparece. Edge



et al. (Edge, Bishop, Hill-Haas, Dawson, & Goodman, 2006) en su estudio, comparan deportistas de equipo, deportistas entrenados en resistencia y sujetos poco entrenados. En este caso, los jugadores provenientes de deportes de equipo, pese a tener un $VO_2\text{max}$ más bajo, rinden más en RSA. Barbero et al. (Barbero, Barbero, & 2003), compararon el test de RSA desarrollado por Bangsbo (Bangsbo, 1998) y validado por Wragg (Wragg, Maxwell, & Doust, 2000), con la estimación del consumo máximo de oxígeno mediante el test propuesto por Leger-Lambert o "Course Navette", sugiriendo que no existe un relación entre la disminución del rendimiento medidos mediante tres índices de fatiga y el $VO_2\text{max}$, pero sí una relación significativa entre el $VO_2\text{max}$ estimado y el sumatorio de los tiempos o el tiempo medio. También Brown et al. (Brown, et al., 2007), llegan a la conclusión en su trabajo que existen relaciones significativas entre el $VO_2\text{max}$ con la máxima velocidad media, y la media de la potencia producida. También existen correlaciones entre el $VO_2\text{max}$ y la frecuencia cardiaca en la fase de recuperación del test de RSA, concluyendo que el $VO_2\text{max}$ es un factor determinante de la RSA.

Como podrá observarse, en la literatura científica se encuentran diversidad de resultados y conclusiones al respecto. Sin embargo, ningún trabajo ha incluido deportistas que entrenen juntos a diario perteneciendo a un mismo equipo, los protocolos de RSA empleados han sido diferentes al nuestro, y hasta ahora no se ha investigado estas relaciones con jugadores de rugby élite, los cuales tienen características antropométricas muy diferentes a los futbolistas, jugadores de hockey hierba, o atletas entrenados en resistencia. En nuestro estudio, obtenemos una correlación altamente significativa entre el RSA medio, obtenido a través del protocolo desarrollado por Impellizzeri et al. (Impellizzeri, et al., 2008), y el $VO_2\text{max}$ obtenido a través de una ergometría directa en un test incremental de carrera. Además, estos resultados son obtenidos en un grupo natural donde todos realizan el mismo entrenamiento durante los últimos dos años, salvando la diversidad entre sujetos. Es cierto que la media de $VO_2\text{max}$ obtenida ($45.6 \pm 5.1 \text{ m}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) estaría por debajo de los $50 \text{ m}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ establecidos por Wadley & Rossignol (Wadley & Le Rossignol, 1998), y Hoffman et al. (Hoffman, et al., 1999) como el límite para que estas dos variables se correlacionen. Pero no es menos cierto que las variables antropométricas y

fisiológicas de un jugador de rugby de élite no le suelen permitir tener un $VO_2\text{max}$ muy elevado, y por lo tanto, en nuestro estudio no podremos saber si para valores por encima de los $50 \text{ m}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ esta correlación desaparece, como ocurre en otros deportes como el baloncesto, fútbol o hockey hierba. En todo caso, creemos que son dos capacidades diferentes y donde la RSA depende claramente del sprint y una resistencia al mismo, mientras que el $VO_2\text{max}$ es un test de esfuerzo máximo aeróbico. Nuestras correlaciones obtenidas posiblemente hayan estado influidas por las diferencias antropométricas que existen entre jugadores en este deporte, ya que si realizamos correlaciones parciales controladas por la variable peso corporal disminuyen notablemente ($r=-0.605$, $p>0.05$).

La capacidad para desarrollar niveles altos de potencia muscular es un factor importante en los jugadores de rugby. Los jugadores requieren tener altos niveles de potencia muscular para poder realizar de forma efectiva diferentes acciones como placajes, empujes, levantamientos, aceleraciones, las cuales ocurren en el transcurso de un partido (Gabbett, 2005a). A este respecto, cabe destacar las relaciones significativas existentes entre la potencia generada en la acción de media sentadilla y el salto vertical entre sujetos de similar porcentaje de grasa, en este caso los jugadores tres cuartos, perdiéndose esta significancia si analizamos la totalidad de jugadores. Este hecho nos hace pensar sobre la diferenciación del tipo de trabajo de potencia en base a las características antropométricas del jugador de rugby, y cómo a través de un simple SJ podemos tener una estimación más o menos fiable de su evolución.

El test SJ y CMJ nos ofrece resultados bastante versátiles ya que en diferentes estudios se correlacionan estas dos variables con el tiempo empleado en recorrer diversas distancias a máxima velocidad (Bosco, 1992; Hakkinen, 1989). Los jugadores de rugby necesitan una buena capacidad de desplazarse rápidamente tanto en acciones de ataque como de defensa. Sin embargo, diferentes estudios acerca de la estructura temporal del juego, muestran que los jugadores de rugby rara vez realizan sprint de más de 40 metros (Gabbett, 2005b). En los jugadores de rugby de élite analizados se correlacionan de forma significativa los datos de los test SJ y CMJ con el tiempo empleado en recorrer a máxima velocidad las distancias de 10 y 40 metros. Del mismo modo, este tiempo en recorrer a máxima



velocidad las distancias de 10 y 40 metros, se correlaciona también de forma significativa con el tiempo empleado en el RSA mejor. Sin embargo, podemos observar que los tiempos obtenidos para las distancias de 10 y 40 metros son mayores que los reportados por el trabajo de Baker & Newton (D. G. Baker & Newton, 2008), donde utilizan como sujetos de estudio a jugadores provenientes de una liga mucho más profesionalizada. Aquí cabe mencionar la posible variabilidad de los métodos de evaluación y el momento de la temporada donde se realizan los test. De hecho, estos autores realizan las diferentes pruebas habiéndose finalizado ya el periodo de pretemporada encontrándose ya en periodo competitivo, no como en nuestro caso, donde los test de hicieron tres semanas antes de que finalizase la misma.

También cabe destacar los resultados obtenidos referentes a la potencia muscular (AP). Como apreciamos en los resultados, no se encuentra ningún tipo de correlación entre los diferentes test y la AP cuando analizamos a todo el grupo. Si buscamos correlaciones con la potencia relativa al peso corporal (POT_{REL}), encontramos relaciones significativas con el T10, T40 m, RSA mejor, RSA medio, SJ y CMJ. Existen trabajos donde encuentran datos similares, como el de Sleivert & Taingahue (Sleivert & Taingahue, 2004), pero en la mayoría de ellos suelen utilizar sentadilla con saltos. En este caso, estos autores encuentran correlaciones significativas entre dos tipos de sentadilla con saltos (split squat y squat tradicional) y el tiempo obtenido en 5 metros de sprint. Wisloff et al. (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004) también encontraron elevadas correlaciones entre la fuerza máxima en la acción de media sentadilla, rendimiento en sprint y altura en salto vertical en futbolistas de élite. Trabajos más antiguos como el de Baker & Nance (D. Baker & Nance, 1999) están también en la línea de nuestros resultados, encontrando elevadas correlaciones entre la potencia media relativa obtenida mediante saltos con carga y el sprint en distancias de 10 m ($r = -0.52$ a -0.61) y 40 m ($r = -0.52$ a 0.76). También existen trabajos donde no han encontrado este tipo relaciones (Harris, Cronin, Hopkins, & Hansen, 2010), aunque en este caso se empleó una máquina de "hack squat".

CONCLUSIONES

Todos estos resultados nos proporcionan una información muy útil acerca de las características antropométricas y fisiológicas en jugadores de rugby élite, participantes en la División de Honor de la Liga Española de Rugby. Pero creemos aun más interesantes las diferentes conclusiones que podemos establecer al buscar las relaciones existentes entre los diferentes test objeto de estudio. A través de un test de RSA y un test de potencia en $\frac{1}{2}$ sentadilla o saltos, podemos obtener variables suficientes para estimar la evolución de otras manifestaciones condicionales y por tanto el rendimiento del jugador de rugby de élite.

AGRADECIMIENTOS

A los jugadores del Cajasol Ciencias Club de Rugby, temporada 2009-2010.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aziz, A. R.; Chia, M.; Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 40(3): 195-200.
2. Aziz, A. R.; Mukherjee, S.; Chia, M. Y.; Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 47(4): 401-407.
3. Baker, D., & Nance, S. (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 13: 230-235.
4. Baker, D. G., & Newton, R. U. (2008). Comparison of lower body strength, power, acceleration, speed, agility, and sprint momentum to describe and compare playing rank among professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(1): 153-158.



5. Bangsbo, J. (1998). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Barcelona: Paidotribo.
6. Barbero, J. C., & Barbero, V. (2003). Relación entre el consumo máximo de oxígeno y la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol sala. *Revista de entrenamiento deportivo*. 17(2): 13-24.
7. Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine*. 31(2): 75-90.
8. Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *European Journal of Applied Physiology*. 97(4): 373-379.
9. Bosco, C. (1992). *La valutazione della forza con il test di Bosco*. Roma: Societa Stampa Sportiva ed.
10. Brown, P. I.; Hughes, M. G.; Tong, R. J. (2007). Relationship between VO₂max and repeated sprint ability using non-motorised treadmill ergometry. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 47(2): 186-190.
11. Castagna, C.; Manzi, V.; D'Ottavio, S.; Annino, G.; Padua, E.; Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4): 1172-1176.
12. Clark, L. (2002). A comparison of the speed characteristics of elite rugby league players by grade and position. *Strength and Conditioning Coach*. 10(4): 2-12.
13. Edge, J.; Bishop, D.; Hill-Haas, S.; Dawson, B.; Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 96(3): 225-234.
14. Faulkner, J. A. (1968). *Physiology of swimming and diving* (Exercise physiology ed.). Baltimore: Academic press.
15. Gabbett, T. J. (2005a). Changes in physiological and anthropometric characteristics of rugby league players during a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2): 400-408.
16. Gabbett, T. J. (2005b). Science of rugby league football: a review. *Journal of Sports Sciences*. 23(9): 961-976.
17. Gabbett, T. J. (2006). A comparison of physiological and anthropometric characteristics among playing positions in sub-elite rugby league players. *Journal of Sports Sciences*. 24(12): 1273-1280.
18. Hakkinen, K. (1989). Maximal force, explosive strength and speed in female volleyball and basketball players. *Journal of human movement studies*. 16: 291-303.
19. Harris, N. K.; Cronin, J. B.; Hopkins, W. G.; Hansen, K. T. (2010). Inter-relationships between machine squat-jump strength, force, power and 10 m sprint times in trained sportsmen. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 50(1): 37-42.
20. Hoffman, J. R.; Epstein, S.; Einbinder, M.; Weinstein, Y. (1999). The influence of aerobic capacity on anaerobic performance and recovery indices in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 13: 407-411.
21. Impellizzeri, F. M.; Rampinini, E.; Castagna, C.; Bishop, D.; Ferrari Bravo, D.; Tibaudi, A.; Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine*. 29(11): 899-905.
22. Jenkins, D. (1993). The importance of aerobic fitness for field games players. *Sports coach*. 16: 22-23.
23. Meir, R. (1993). Evaluating playing fitness in professional rugby league: reducing subjectivity. *Strength and Conditioning Coach*. 1: 11-17.
24. Meir, R.; Newton, R.; Curtis, E.; Fardell, M.; Butler, B. (2001). Physical fitness qualities of



professional rugby league football players: determination of positional differences. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 15(4): 450-458.

25. Norton, K.; Marfell-Jones, N.; Wittingham, D.; Kerr, D.; Carter, D.; Saddington, K.; Gore, C. (2000). Anthropometric assessment protocols. In Gore C. *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics ed.

26. O'Connor, D. (1995). Fitness profile of professional rugby league players. *Journal of Sports Sciences*. 13: 505.

27. O'Connor, D. (1996). Physiological characteristics of professional rugby league players. *Strength and Conditioning Coach*. 4: 21-26.

28. Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 91(1): 46-52.

29. Wadley, G., & Le Rossignol, P. (1998). The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 1(2): 100-110.

30. Wisloff, U.; Castagna, C.; Helgerud, J.; Jones, R.; Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*. 38(3): 285-288.

31. Wragg, C. B.; Maxwell, N. S.; Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*. 83(1), 77-83.

