

RELACIÓN ENTRE VO_{2max} E ÍNDICE DE FATIGA EN JUGADORAS SEMI-PROFESIONALES DE FÚTBOL SALA FEMENINO

JIMÉNEZ-LOAISA, A. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (UMH). Máster en Rendimiento Deportivo y Salud (UMH). Doctorando en Centro de Investigación del Deporte (UMH). Profesor Preparación Física en Fútbol Sala (FFCV-RFEF). Preparador Físico en FSF Joventut d'Elx (2º División Femenina).

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar la relación entre consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) e índice de fatiga a la hora de repetir sprints (IF) en jugadoras semi-profesionales de fútbol sala. Para ello, un total de 12 jugadoras fueron evaluadas a través de los test 30-15 IFT y RSA (8 x 30m R'25'') de las cuales se escogieron a las tres con menor rendimiento ($17,67 \pm 3,79$ años; $55,87 \pm 4,53$ kg; $160 \pm 4,58$ cm; $IMC = 21,85 \pm 1,92$ kg/m²) y a las tres con mayor rendimiento en dichos test ($26 \pm 2,94$ años; $62,7 \pm 5,74$ kg; $170 \pm 0,03$ cm; $IMC = 21,72 \pm 2,16$ kg/m²). El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre ambos grupos para la variable VO_{2max} ($p < 0.05$) pero no para el IF ($p = .13$), aunque el IF fue considerablemente mayor para el grupo con menor VO_{2max} y menor para el grupo con mayor VO_{2max} . A la luz de los resultados obtenidos, se discuten las posibles implicaciones prácticas que puede tener la monitorización y comparación de estas variables para el rendimiento deportivo en el fútbol sala.

PALABRAS CLAVE: RSA, 30-15 IFT, potencia aeróbica, test, entrenamiento.

Fecha de recepción: 13/02/2017. Fecha de aceptación: 21/04/2017

Correspondencia: alexloaisa@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Al igual que otros deportes colectivos de naturaleza acíclica como el fútbol, el balonmano o el baloncesto, el fútbol sala es un deporte caracterizado por la realización de ejercicio intermitente en el que se intercalan periodos comúnmente de alta intensidad junto con pausas que por lo general suelen ser incompletas y activas (Beato, Coratella, y Schena, 2011; Castagna, D'Ottavio, Vera, y Álvarez, 2009).

En el fútbol sala, diversos estudios han destacado la alta exigencia metabólica

de este deporte, con porcentajes de la frecuencia cardiaca máxima que suelen rondar el 85-90% (Barbero-Álvarez, Soto, Barbero-Álvarez, y Granda-Vera, 2008; Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, y Yoopat, 2012; Wilke et al., 2016), distancias relativas que rondan los 115-120 metros por minuto (Barbero-Álvarez et al., 2008) y concentraciones de lactato que rondan los 5,5 milimoles por litro de sangre (Makaje et al., 2012). Sin duda, el propio reglamento de este deporte favorece que los jugadores se encuentren a estas intensidades, pues el número de sustituciones que pueden realizarse a lo largo de los partidos son ilimitadas.

De esta forma, con la intención de que el rendimiento de los deportistas sea óptimo, se hace necesario que los jugadores sean capaces de optimizar su proceso de recuperación para poder repetir sprints a alta intensidad sin que esta decaiga. Esta capacidad de repetir sprints (RSA) viene determinada en gran medida por el “fitness” aeróbico que disponga el deportista, pues a mayor condición aeróbica más reducidas serán las alteraciones resultantes del metabolismo anaeróbico, tales como una mayor resíntesis de fosfocreatina y una mayor capacidad para eliminar los iones de hidrógeno de lactato del músculo esquelético (McMahon y Jenkins, 2002; Tessitore et al., 2008).

Algunas de las variables más controladas por los técnicos y preparadores para medir esta relación entre potencia aeróbica y RSA son el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) y el índice de fatiga (IF), respectivamente. En este sentido, existe multitud de test de campo que han demostrado tener una alta validez y fiabilidad para medir de forma sencilla y económica estos factores en el fútbol sala, entre los que se encuentran el test 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT), desarrollado por Buchheit (2008) para la medición del VO_{2max} en deportes

intermitentes, y el test 8 x 30m con recuperación de 25”, del cual se extrae posteriormente el IF, siendo uno de los más utilizados el índice de Fitzsimons (Fitzsimons, Dawson, Ward, y Wilkinson, 1993).

A pesar de que esta relación entre VO_{2max} y RSA ha sido ampliamente estudiada en deportes como el fútbol (Baldi, da Silva, Buzzachera, Castagna, y Guglielmo, 2017; da Silva, Guglielmo, y Bishop, 2010; Meckel, Machnai, y Eliakim, 2009), pocos son los estudios que se hayan centrado en la posible relación de ambos factores en el fútbol sala, utilizando el IF como indicador de rendimiento en un test RSA (Barbero-Álvarez y Barbero-Álvarez, 2003). Este vacío en la literatura se acrecienta si el objeto de estudio es enfocado hacia el fútbol sala femenino.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la relación entre VO_{2max} e IF extraído a partir de un test RSA en jugadoras semi-profesionales de fútbol sala. A la luz de los resultados obtenidos, el artículo finaliza con posibles implicaciones prácticas que puede tener la monitorización y comparación de estas variables para el rendimiento deportivo en el fútbol sala.

MÉTODO

Participantes

Un total de 12 jugadoras semi-profesionales de un club de la 2ª División Nacional Femenina de Fútbol Sala accedieron a participar en este estudio, tras ser informadas del procedimiento y objetivo de la investigación. De estas 12 jugadoras, seis deportistas fueron seleccionadas finalmente; las tres con

mayor rendimiento en los test 30-15 IFT y RSA y las tres con peor rendimiento en dichos test. Se entendió rendimiento como aquellas jugadoras que obtuvieron un mayor VO_{2max} en el test 30-15 IFT y un menor índice de fatiga (IF) en el test de RSA. Las características antropométricas de las seis jugadoras escogidas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características antropométricas de los grupos. (fuente: elaboración propia)

	Jugadoras	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC (kg/m ²)
Grupo con menor rendimiento	J1	15	53.3	155	22.19
	J2	16	61.1	161	23.57
	J3	22	53.2	164	19.78
	M	17.67	55.87	160	21.85
	DT	3.79	4.53	4.58	1.92
Grupo con mayor rendimiento	J4	22	58.2	174	19.22
	J5	27	59,1	166	21.45
	J6	29	70.8	170	24.50
	M	26	62.7	170	21.72
	DT	2.94	5.74	0.03	2.16

M = Media; DT = Desviación Típica; IMC = Índice de Masa Corporal

Instrumentos

Audio 30-15 IFT. Una grabación con el audio del test 30-15 IFT (Buchheit, 2008) fue utilizada para realizar correctamente dicho test.

Altavoz. Un altavoz Mini Music Box Energy Z100 Ruby Red fue usado para amplificar el sonido producido por el audio 30-15 IFT durante su realización.

Cámaras de vídeo. Dos cámaras Sony DSC-W830 fueron empleadas para la

grabación completa del test 30-15 IFT. Estos instrumentos sirvieron para detectar a posteriori posibles “warnings” o “avisos” que realizaron las jugadoras y saber en qué periodo concreto abandonaban la ejecución del test por agotamiento.

Cronómetros. Dos cronómetros Oregon Scientific SL210 fueron utilizados para la medición del tiempo recorrido en cada sprint del test RSA, así como para medir la recuperación entre los mismos.

Procedimiento

Las mediciones se realizaron durante el transcurso de la pretemporada del equipo de las jugadoras. Se llevaron a cabo dos tipos de test separados por un periodo de 72 horas para la estimación del VO_{2max} y del IF a la hora de repetir sprints. Pese a que las deportistas estaban familiarizadas con ambos test, se les explicó de manera previa el protocolo de las dos pruebas.

En primer lugar, se realizó el test 30-15 IFT (Buchheit, 2008) para la extracción posterior del VO_{2max} siguiendo la fórmula propuesta por Buchheit (2008), en la que se incluye el género (G; 1 = chicos, 2 = chicas), la edad (A), la masa corporal (BM) y la máxima velocidad alcanzada en el test (V_{IFT}):

$$VO_{2maxIFT} \text{ (ml/min/kg)} = 28.3 - 2.15G - 0.741A - 0.0357BM + 0.058A \times V_{IFT} + 1.03V_{IFT}$$

Durante el transcurso del 30-15 IFT, se permitieron tres “warnings” o avisos por cada una de las jugadoras antes de ser eliminadas del test. Se daba un aviso a la jugadora cuando el pitido del test sonaba antes de que esta llegase a las zonas “de seguridad” delimitadas por conos. Tres ayudantes pertenecientes al cuerpo técnico del equipo y previamente entrenados para la detección de errores durante el test ayudaron al investigador principal, grabando el test a través de dos cámaras de vídeo y anotando la velocidad y los avisos que obtenían las jugadoras.

En segundo lugar, se realizó un test de RSA consistente en ejecutar 8 repeticiones de 30 metros a máxima velocidad con una recuperación de 25” entre cada uno de ellos (8 x 30m R’25”). El IF fue calculado posteriormente a través del índice de Fistsimons et al. (1993) que computa el tiempo total utilizado para realizar los ocho sprints (TT) junto con el tiempo total que sería idóneo o ideal que durasen (TI) a través de la fórmula:

$$\text{Índice de Fatiga (IF)} = ((TT/TI) \times 100) - 100$$

De la misma forma, tres ayudantes del cuerpo técnico con experiencia en este

test ayudaron a medir y anotar los tiempos de cada uno de los sprints para cada una de las jugadoras, así como a controlar las recuperaciones entre cada esfuerzo.

Análisis Estadístico

El procedimiento estadístico se llevó a cabo a través del software SPSS (v. 18.0 SPSS Inc., Chicago). Se calcularon las medias y desviaciones típicas de cada una de las variables de estudio. Para comprobar si existían diferencias significativas entre el grupo con menor rendimiento y el grupo con mayor rendimiento, se efectuó una prueba T para

muestras independientes, estableciendo un nivel de significación para la prueba de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Las tres jugadoras que obtuvieron peor resultado en el test 30-15 IFT y en el 8 x 30m R'25'' se agruparon en un grupo llamado "grupo con menor rendimiento", mientras que las tres jugadoras con mejor resultado formaron un "grupo con mayor rendimiento". Los resultados de cada uno de los grupos junto con las medias y desviaciones típicas se presentan en la Tabla 2.

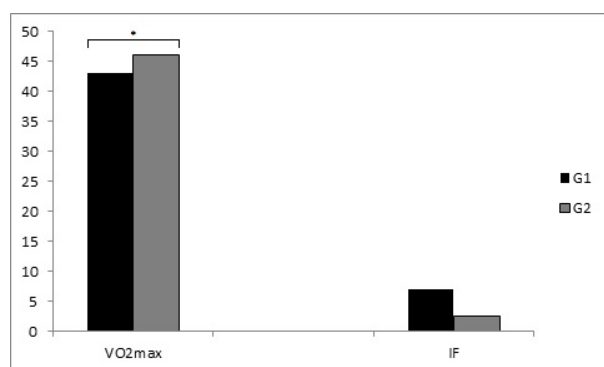
Tabla 2. Valores de VO_{2max} e IF en función de cada jugadora y del grupo. (fuente: elaboración propia)

	Jugadoras	VO_{2max} (ml/min/kg)	IF (%)
Grupo con menor rendimiento	J1	42.33	6.118
	J2	43.25	4.466
	J3	43.85	10.44
	M	43.14	7.008
	DT	.76	3.08
Grupo con mayor rendimiento	J4	45.98	2.970
	J5	46.02	2.344
	J6	46.09	2.509
	M	46.030	2.608
	DT	.05	.32

M = Media; DT = Desviación Típica; VO_{2max} = Consumo Máximo de Oxígeno; IF = Índice de Fatiga de Fitzsimons

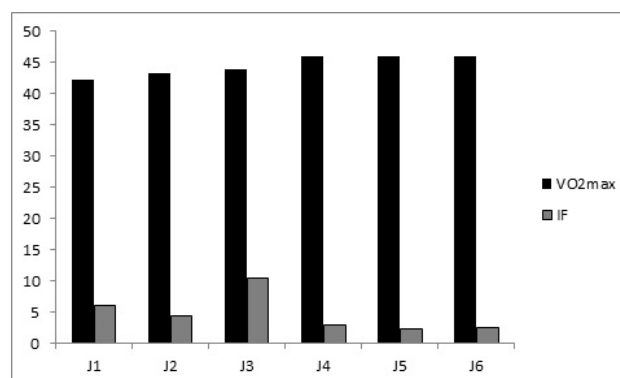
El análisis de comparación de medias entre grupos realizado a través de la prueba t para muestras independientes arrojó diferencias significativas para la variable VO_{2max} ($t(4) = -6.513$; $p < 0.05$) a favor del grupo con mayor rendimiento ($M = 46.03$; $DT = .05$) con respecto al grupo con menor rendimiento ($M = 43.14$; $DT = .76$). No obstante, la prueba estadística no mostró diferencias significativas para la variable IF ($t(4) = 2.45$; $p = 0.13$) al comparar entre el conjunto con menor ($M = 7.00$; $DT = 3.08$) y mayor rendimiento ($M = 2.60$; $DT = .32$). La figura 1 ilustra estas diferencias para ambas variables, mientras que la figura 2 detalla los valores alcanzados para cada uno de los jugadores.

Figura 1. Comparación de medias entre los valores obtenidos de VO_{2max} e IF para el grupo con mayor rendimiento y el grupo con menor rendimiento. (fuente: elaboración propia)



G1; Grupo con menor rendimiento. G2; Grupo con mayor rendimiento. * $p < 0.05$

Figura 2. Comparación de valores obtenidos de VO_{2max} e IF en función de cada jugadora. (fuente: elaboración propia)



DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar la relación entre VO_{2max} e IF en jugadoras semi-profesionales de fútbol sala. Los resultados mostraron que el grupo con mayor rendimiento en el test 30-15 IFT obtuvo un VO_{2max} significativamente superior al grupo con menor rendimiento. En cambio, no hubo diferencias significativas entre ambos grupos al compararlos con la variable IF extraída del test RSA.

Los resultados obtenidos en este estudio difieren de otros trabajos realizados en deportes distintos, como el fútbol (Rodríguez-Fernández, Sánchez-Sánchez, Ramírez-Campillo, Nakamura, Rodríguez-Marroyo, & Villa-Vicente, en prensa), baloncesto (Gantois et al., 2017), o el

rugby (Thébault, Léger, & Passelergue, 2011), en los que se han encontrado que aquellos que presentan una mayor potencia aeróbica presentan IF significativamente inferiores a la hora de repetir sprints que aquellos que no presentan tan buena potencia aeróbica.

En cambio, los resultados de este trabajo coinciden con un estudio realizado por Barbero-Álvarez y Barbero-Álvarez (2006) con jugadores profesionales de fútbol sala masculino, en el que no encontraron relación alguna entre poseer un VO_{2max} elevado y varios IF.

A pesar de que la tendencia de los datos, tal y como puede observarse en la Figura 1, dejar entrever que el IF fue considerablemente mayor para el grupo con menor VO_{2max} y sustancialmente menor para el grupo con mayor VO_{2max} , se podría sugerir que el principal aporte energético durante el 8 x 30m R'25'' (RSA) fue el del sistema ATP-PCr, o que el vaciado de los depósitos de PCr durante este test no fue suficiente para provocar una elevada contribución del sistema aeróbico (Barbero-Álvarez y Barbero-Álvarez, 2006). En esta línea, quizás podría deducirse que el grupo con mayor rendimiento, con valores de VO_{2max} similares a los de jugadoras profesionales

(Barbero-Álvarez, Subiela, Granda-Vera, Castagna, Gómez, y Del Coso, 2015), podrían tener una capacidad mayor para utilizar las reservas energéticas de ATP-PCr, pero dicha capacidad no fue lo suficientemente superior como para diferenciar su IF con respecto al grupo de menor rendimiento.

Por otro lado, cabe destacar que la relación entre capacidad aeróbica y capacidad para la recuperación ante esfuerzos máximos e intermitentes presenta algunas limitaciones. Algunos estudios como el realizado por Hoffman (1997) con soldados de infantería han mostrado que no siempre conseguir una mayor aptitud aeróbica se asocia a alcanzar una mayor capacidad de recuperación. En otras palabras, existe cierto "límite" a partir del cual mejorar la capacidad aeróbica no supondría una mejora de la capacidad de recuperación. El mismo autor, en un estudio realizado con jugadores de baloncesto, encontró este límite en valores de VO_{2max} de aproximadamente 50.2 ml/kg/min (Hoffman, Epstein, Einbinder, & Weinstein, 1999), mientras que autores como Barbero-Álvarez y Barbero-Álvarez (2006) han sugerido valores cercanos a 51.34 ml/kg/min en jugadores de fútbol sala masculino.

Ante estas limitaciones en la relación VO_{2max}/IF , futuras investigaciones con una muestra mayor y dedicadas al fútbol sala femenino podrían indagar sobre si existe un “límite” a partir del cual se pierda la concordancia entre ambos parámetros para esta población. Esta investigación arrojó que el grupo con mayor VO_{2max} (46.03 ml/kg/min) no fue superior con respecto al grupo con menor VO_{2max} (43.14 ml/kg/min) a la hora de recuperar entre sprints, por lo que cabe preguntarse si el “límite” de VO_{2max} es menor para el fútbol sala femenino que para el fútbol sala masculino.

Esta investigación no está exenta de severas limitaciones. Por un lado, los resultados de este trabajo deben tomarse con cautela, puesto que se trata de un estudio con una “n” muy baja. Este hecho resta potencia estadística a la investigación y disminuye la posibilidad de inferir y generalizar los resultados a toda la población bajo estudio. Además, no hay que olvidar que los valores de VO_{2max} e IF han sido extraídos a partir de test de campo y no a partir de test controlados en situaciones de laboratorio. A pesar de que el cuerpo técnico del equipo estudiado fue entrenado previamente para reducir el margen de error en las mediciones, la utilización de células fotoeléctricas (o

similares) a la hora de medir los 8 x 30m R'25'' hubieran sido deseables, en lugar de cronómetros manuales. Finalmente, debe remarcarse la gran diferencia de edad que existió entre el grupo con mayor rendimiento (26 ± 2.94) y el grupo con menor rendimiento (17.67 ± 3.79). Seguramente, aquellas con mayor edad tendrían más experiencia global o formación a la hora de realizar los test y mayor experiencia a la hora de entrenar estas capacidades físicas, no siendo así para el grupo con menor edad.

CONCLUSIONES

La monitorización del VO_{2max} y del IF a la hora de repetir sprints (RSA) por parte de preparadores físicos y técnicos tiene diversas implicaciones para el rendimiento de los jugadores. Durante la propia competición, ambas capacidades deberían tenerse en cuenta, en conjunción con las cualidades técnico-tácticas, para realizar las rotaciones o sustituciones entre los jugadores. En este sentido, el entrenador debe ser consciente de qué jugadores son más o menos aptos físicamente en función del momento o situación del juego. A modo de ejemplo, quizás sería adecuado que aquellos jugadores con mayor capacidad aeróbica y/o con mayor capacidad para recuperar

entre esfuerzos de alta intensidad sean los que permanezcan más tiempo en pista en situaciones de alta fatiga, como puede ser a finales de cada periodo o en situaciones defensivas de 5c4.

Adicionalmente, una buena aptitud aeróbica será clave también a la hora de aumentar la “disponibilidad” del jugador para el partido durante la competición, de modo que al salir de la pista y sentarse en el banquillo, pueda recuperarse de manera rápida y óptima tras las alteraciones resultantes del metabolismo anaeróbico producidas durante las múltiples acciones del juego.

BIBLIOGRAFÍA

- Baldi, M., da Silva, J. F., Buzzachera, C. F., Castagna, C., & Guglielmo, L. G. (2017). Repeated sprint ability in soccer players: Associations with physiological and neuromuscular factors. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 57(1-2), 26-32.
- Barbero-Álvarez, J. C., & Barbero-Álvarez, V. (2006). Relación entre el consumo máximo de oxígeno y la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol sala. Extraído de: http://futsalcoach.es/web_v2/area_tecnica/archivos/449_relacionconsumooxigeno_print.pdf.
- Barbero-Álvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Álvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63-73.
- Barbero-Álvarez, J. C., Subiela, J. V., Granda-Vera, J., Castagna, C., Gómez, M., & Del Coso, J. (2015). Aerobic fitness and performance in elite female futsal players. *Biology of Sport*, 32(4), 339-344.
- Beato, M., Coratella, G., & Schena, F. (2016). Brief review of the state of art in futsal. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 56(4), 428-432.
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 365-374.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Vera, J. G., & Alvarez, C. B. (2009). Match demands of 13 professional Futsal: A case study. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 12(4), 490-494.
- da Silva, J. F., Guglielmo, L. G., & Bishop, D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2115-2121.
- Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(4), 82-82.
- Gantois, P., Aidar, F. J., Gama de Matos, D., De Souza, R. F., Da Silva, L. M., De Castro, K. R., de Medeiros, R., Cabral, Breno, G. A. T. (2017). Repeated sprints and the relationship with anaerobic and aerobic fitness of basketball players.

Journal of Physical Education and Sport, 17(2), 910-915.

Hoffman, J. R. (1997). The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Military Medicine*, 162(7), 484-488.

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 & Conditioning Research*, 13(4), 407-411.

Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., & Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 52(4), 366-374.

McMahon, S., & Jenkins, D. (2002). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32(12), 761-784.

Meckel, Y., Machnai, O., & Eliakim, A. (2009). Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 163-169.

Rodríguez-Fernández, A., Sánchez-Sánchez, J., Ramírez-Campillo, R., Nakamura, F. Y., Rodríguez-Marroyo, J. A., & Villa-Vicente, G. (en prensa). Relationship between repeated sprint ability, aerobic capacity, intermittent endurance and heart rate recovery in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*.

Thébault, N., Léger, L. A., & Passelergue, P. (2011). Repeated-sprint ability and aerobic fitness.

Journal of Strength & Conditioning Research, 25(10), 2857-2865.

Tessitore, A., Meeusen, R., Pagano, R., Benvenuti, C., Tiberi, M., & Capranica, L. (2008). Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1402-1412.

Wilke, C. F., Ramos, G. P., Pacheco, D. A., Santos, W. H., Diniz, M. S., Gonçalves, G. G., Marins, J. C, Wanner, S., & Silami-García, E. (2016). Metabolic demand and internal training load in technical-tactical training sessions of professional futsal players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(8), 2330-2340.