



Universidad Nacional de La Plata

Tesis presentada para la obtención del grado de Especialista en Programación del
Ejercicio

Altura del Salto CMJ como indicador de niveles de Fatiga y Rendimiento
Neuromuscular

Prof. Patricio A. Verón

Director: Casas, Adrián

- La Plata, Argentina. Noviembre 2024 -

Resumen:

Mediante el presente trabajo se intentó evaluar la utilidad de la altura alcanzada en el salto con contramovimiento (CMJ) como indicador de fatiga neuromuscular en jugadores de baloncesto profesional.

Fueron evaluados once jugadores de la Liga Federal Argentina de Básquet, registrando la altura del CMJ prepartido y 24 hs posterior al mismo, y la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) inmediatamente después del partido, sumado a los tiempos de juego, obtenidos de las estadísticas oficiales de la competencia.

Los datos analizados indicaron que no existen diferencias o relaciones estadísticamente significativas entre el Tiempo de juego, la Percepción subjetiva del esfuerzo y el rendimiento entre los saltos CMJ pre y postpartido, sugiriendo que esta variable podría no ser un dato sensible para detectar fatiga neuromuscular en esta población.

Palabras Clave:

Fatiga – Evaluación – Rendimiento Deportivo

1. Introducción

La “Fatiga Neuromuscular” es un término ampliamente utilizado para describir una disminución en la capacidad muscular para desarrollar fuerza o potencia, inducido por el ejercicio físico y la intensidad del mismo (Boyas & Guével, 2011). Se pueden distinguir dos tipos de fatiga:

Fatiga Central: Se caracteriza por una disminución en la activación voluntaria del músculo. Este tipo de fatiga está relacionado a alteraciones que se producen desde el Sistema Nervioso Central, como lo son la disminución en la excitación proveniente por la corteza motora o una disminución de la actividad motoneural. (Aquino et al., 2022).

Fatiga Periférica: Relacionado a la disminución de la fuerza contráctil de las fibras musculares y en cambios subyacentes a la transmisión neuromuscular, esta última siendo alterada por una propagación insuficiente del potencial de acción nervioso en las terminaciones nerviosas, una reducción en la liberación de neurotransmisores, entre otros (Boyas & Guével, 2011).

La fatiga, en sus dos tipos, genera el decremento del rendimiento muscular, pero no sólo a partir de la disminución del desarrollo de fuerza, sino también desde un aspecto biomecánico.

(Bobbert et al., 2011) realiza un estudio en donde sujetos son evaluados en una prueba de salto vertical en donde se toma registro del mismo previo al estado de fatiga, en condición de fatiga, y en una posterior recuperación. La fatiga, para el estudio, es generada solo en uno de los miembros inferiores (pantiflexores de la pierna derecha). El autor encuentra una reducción de la altura de los saltos en condiciones de fatiga, la cual es el resultado neto de una reducción en el trabajo total de la pierna derecha fatigada en un 35% y un aumento en el trabajo total de la pierna izquierda en un 13%. La mayor parte de la reducción en el trabajo total de la pierna derecha se debió a una reducción en el trabajo neto del tobillo en un 70%, pero el trabajo neto en la articulación de la cadera de la pierna derecha también se redujo en un 40%. También se logra encontrar que existe una reducción de 4° de la flexión de rodilla en la pierna fatigada al momento del salto, y que la fuerza realizada contra el suelo en ésta misma es menor que la contralateral, y cae a cero aproximadamente 20 ms antes del despegue. A partir de lo analizado, el autor concluye que la pérdida del trabajo muscular se debe a un desajuste corporal producido por una falla del control del mismo. En consecuencia, mediante una reoptimización del control corporal, se realizan compensaciones que generan un desbalance muscular, pero mediante el cual se puede realizar la tarea solicitada (Bobbert et al., 2011).

En esta misma línea, Jayalath et al. (2018) realiza una revisión sistemática sobre esta temática donde encuentra que los distintos estudios realizados indican que la fatiga parece tener un efecto en la posición de las extremidades inferiores no solo al momento del salto, sino también al aterrizar, uno de los cuales es la disminución de la dorsiflexión. Sin embargo, no solo afecta a la articulación del tobillo, sino también a toda la postura del aterrizaje, como también en la rodilla después del aterrizaje (Jayalath et al., 2018).

La relación entre la fatiga y los mecanismos lesionales, entonces, es claro. A partir de la alteración en la biomecánica de movimiento y de la reducción de la movilidad de las articulaciones que interfieren en la mecánica de las acciones deportivas, como lo son los saltos y los aterrizajes, existe un incremento en la probabilidad de lesiones. Por ende, es de vital importancia poder identificar adecuadamente los niveles de fatiga, sobre todo en poblaciones deportistas.

La evaluación del salto, como puede observarse, por su alta simplicidad y cortos tiempos de duración, ha sido un método ampliamente utilizado en la literatura científica como método de evaluación de rendimiento neuromuscular relacionado a niveles de fatiga.

En este sentido, a partir de un metaanálisis, (Claudino et al., 2017) ofrece una serie de recomendaciones sobre su implementación. La utilización del tipo de salto a utilizar que ofreció mayor fiabilidad fue el del salto con contramovimiento (CMJ, por sus siglas en inglés). Sumado a lo anterior, se encontró que la altura promedio de saltos fue más sensible para determinar niveles de fatiga que tomando sólo la altura máxima alcanzada en un test de CMJ.

La fatiga, al ser un fenómeno multifactorial, no solo depende de la intensidad de la tarea a realizar, sino que se conjugan factores psicológicos, fisiológicos e intrínsecos del deportista, que generan una carga interna (Espasa-Labrador et al., 2023) la cual tiene un efecto sobre la condición neuromuscular del deportista.

En este sentido, el índice de percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) ha surgido como un método eficaz para el monitoreo de la carga interna, al

presentar dos ventajas principales sobre otras técnicas, el ser rentable y no invasivo (Espasa-Labrador et al., 2023).

Sin embargo, al realizar un repaso de la literatura anteriormente mencionada, se puede observar que, si bien el salto CMJ aparece como un método útil para la determinación de la fatiga, se realiza un análisis comparando distintos factores del salto, como es la biomecánica, la fuerza ejercida contra el suelo, los tiempos de contacto, entre otros, pero no es lo suficientemente abordado el factor la altura del salto alcanzada en dicho test.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo será el de intentar determinar la efectividad de la altura alcanzada en el salto con contramovimiento (CMJ) como una métrica confiable para evaluar la fatiga neuromuscular en jugadores de básquetbol, y si es posible relacionarlo a la Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE) indicada.

2. Materiales y Métodos

Sujetos

Fueron evaluados once jugadores de la Liga Federal Argentina de Básquet, con una media de edad de 24.2 ± 6.6 años. El Peso corporal de cada uno de los jugadores fue tomado mediante una balanza de bioimpedancia, de la marca OMROM, modelo HBF-514C, a partir de la cual se registró una media de 87.1 ± 16.1 Kg. Todos los sujetos estaban informados sobre la evaluación a realizar.

Instrumentos

Fue utilizada, para la medición del salto, una alfombra de contacto de la marca WINLABORAT (Argentina) con capacidad de muestreo de 1000 Hz. Este dispositivo basa su funcionamiento en la estimación de la altura del salto, a partir de la detección del tiempo de vuelo que se produce entre un primer contacto y el posterior aterrizaje, sobre la base sensible que posee en la parte superior de la plataforma. El dispositivo es conectado,

mediante una interfase, al ordenador al cual envía en tiempo real los datos recolectados del salto.

Para la toma de la Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) fue utilizada, en una Tablet modelo POSTIVIO BGH SERIES Q10, la aplicación TRAINING FEEL, en donde a partir de completar un cuestionario inmediatamente postpartido, cada uno de los deportistas indicaron dicha la percepción de la intensidad del encuentro deportivo.

Los Tiempos de juego son tomados a partir de las estadísticas oficiales de la competencia.

Los datos Recolectados, fueron volcados y analizados mediante el software de Microsoft Excel 2019.

Procedimientos

Los participantes fueron informados con anterioridad de la evaluación. El día estipulado para la evaluación, que coincide con una fecha de partido de la Liga Federal de Básquet, se realizó un protocolo de activación de una duración de 12 minutos, donde se realizaron ejercicios de movilidad articular, zona media y activación neuromuscular con bandas circulares y sogas de salto. Posteriormente, con previa recuperación, se realizaron la evaluación. Para el mismo se indicó que, posicionándose sobre la plataforma, mantuvieran las manos en las caderas y realizaran el salto lo más alto posible utilizando una profundidad de contra movimiento autodeterminada. Se ejecutaron 3 saltos consecutivos, de los cuales la media fue registrada.

Posteriormente a la evaluación, y una vez finalizada la competencia, se realizó la toma del PSE, mediante el llenado del cuestionario de la aplicación Training Feel. En las veinticuatro horas posteriores, los jugadores repitieron el mismo protocolo de activación seguido de la evaluación, registrando nuevamente la media de tres saltos máximos en modalidad de contramovimiento.

Análisis Estadístico

Se utilizó, para el análisis estadístico, el Software Microsoft Excel 2019, donde en una planilla fueron volcados cada uno de los datos recolectados. Los siguientes análisis fueron realizados:

- **Medidas Descriptivas:** Se calcularon la Media y la Desviación estándar de cada uno de las variables.
- **Prueba T de Student:** Consiste en una prueba estadística utilizada para comparar muestras independientes. Con el fin de comparar el rendimiento del salto CMJ prepartido y Postpartido, se realizó la prueba T de Student para pares de muestras suponiendo varianzas iguales.
- **Regresión Lineal Simple:** Con el fin de determinar la relación entre las variables dependientes e independientes, se realizó este método estadístico. Fueron organizadas, las distintas variantes, de la siguiente forma:
 - Variable Independiente:** Tiempo de Juego, Edad.
 - Variables Dependientes:** Percepción Subjetiva del Esfuerzo; Diferencia del Rendimiento entre el CMJ Prepartido y Postpartido.En este contexto, Se analizó la regresión lineal entre Tiempo de Juego y PSE, entre el Tiempo de Juego y la diferencia de Rendimiento CMJ pre y post partido, entre PSE y Diferencia del rendimiento CMJ pre y post partido, y finalmente, entre la Edad y las distintas variables mencionadas.
- **Correlación de Pearson:** Esta es una medida estadística utilizada para evaluar la relación lineal entre dos variables. Con el fin de determinar la asociación entre las distintas variables cuantitativas, fue utilizada esta técnica.

3. Resultados

3.1 Características de grupo

Fueron evaluados once jugadores de básquet de la Liga Federal Argentina, con una edad promedio de 24.2 ± 6.6 años y un peso corporal promedio de 87.1 ± 16.1 Kg. Se registró una altura promedio del salto CMJ prepartido de 36.3 ± 5.58 cm y una altura promedio del salto CMJ postpartido de 36.80 ± 5.80 cm. La percepción subjetiva del Esfuerzo (PSE), registrada inmediatamente terminado el encuentro deportivo, tuvo un promedio de equipo de 6.91 ± 3.39 Unidades arbitrarias, y el tiempo de juego promedio de la totalidad del equipo fue de $17:29 \pm 10:11$ minutos. (Tabla 1)

3Prueba T de Student

A partir del análisis de la correlación de Pearson entre ambas variables, se encuentra un valor $r = 0.73272336$, lo que representa una correlación fuerte y positiva entre ambas variables, indicando que en la medida en que el salto CMJ prepartido es mayor, el salto CMJ postpartido tiende a aumentar.

Mediante la Prueba estadística T de Student, fueron analizados los resultados de los Saltos CMJ Prepartido y Postpartido. El valor calculado fue de $T = -0.2059$, lo que indica que no existe evidencia suficiente para concluir que exista una diferencia significativa entre los saltos CMJ Pre y post partido. (Figura 1)

a. Relación entre el tiempo de Juego y la Percepción subjetiva del esfuerzo

El análisis de la correlación entre el Tiempo de juego (en minutos) y la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) se realizó mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson. A partir del análisis estadístico realizado, se observa un $r = 0.95$, lo que indica una correlación fuerte y positiva entre estas variables. A mayor tiempo de juego, existe una tendencia lineal a que se perciba una mayor PSE.

Se realizó, además, un análisis de regresión lineal simple entre ambas variables, dando como resultado un R^2 ajustado = 0.89, indicando que casi 89% de la variabilidad en la variable dependiendo (la Percepción Subjetiva del Esfuerzo) se puede explicar a partir de la variable independiente (Tiempo de Juego). (Figura 2)

b. Relación entre el Tiempo de Juego y la diferencia del salto CMJ

Mediante el Coeficiente de correlación de Pearson se observa que existe una correlación débil y negativa ($r = -0.51$) entre ambas variables, lo que indicaría que a mayor Tiempo de juego, existe una tendencia a lograr una disminución en la altura del salto CMJ. Sin embargo, al realizar un análisis de regresión lineal puede observarse un resultado de R^2 ajustado = 0.18, lo que indica que el comportamiento de la variable dependiente (diferencia entre saltos CMJ pre y post partido) solo puede explicarse en un 18% por la variable independiente (Tiempo de juego). (Figura 3)

c. Relación entre Percepción Subjetiva del Esfuerzo y Rendimiento del Salto CMJ

A partir del análisis del Coeficiente de correlación, se establece un $r = -0.45$, lo que indica que existe una correlación débil y negativa entre ambas variables, existiendo una tendencia a la caída del rendimiento del CMJ cuando existe una mayor percepción subjetiva del Esfuerzo. Al realizarse la regresión lineal, se encuentra un resultado de R^2 ajustado = 0.12, indicando que el rendimiento del CMJ solo puede explicarse en un 12% a partir de la Percepción subjetiva del esfuerzo. (Figura 4)

d. Relación entre la edad con las distintas variables

No se observan valores que indiquen correlación entre la Edad con ninguna de las variables. (Tabla 2)

3.7 Figuras y Tablas

Jugador	Edad	Tiempo de Juego	PSE	CMJ Antes	CMJ Post	Dif. e/ CMJs
1	39	27:50	10	40	42	2
2	32	26:41	10	42	39,2	-2,8
3	20	26:31	10	37,8	31	-6,8
4	23	24:49	10	26	24,8	-1,2
5	21	24:24	9	38	37,2	-0,8
6	24	23:43	9	43	45,6	2,6
7	19	14:19	6	33,5	34,7	1,2
8	18	14:03	4	30,4	32,1	1,7
9	22	4:35	1	41	40	-1
10	19	2:48	4	37,8	38,2	0,4
11	29	2:40	3	29,8	40	10,2
Media	24,18	17:29	6,91	36,30	36,80	0,50
Desvio Estandar	6,55	10:11	3,39	5,58	5,80	4,17

Tabla 1

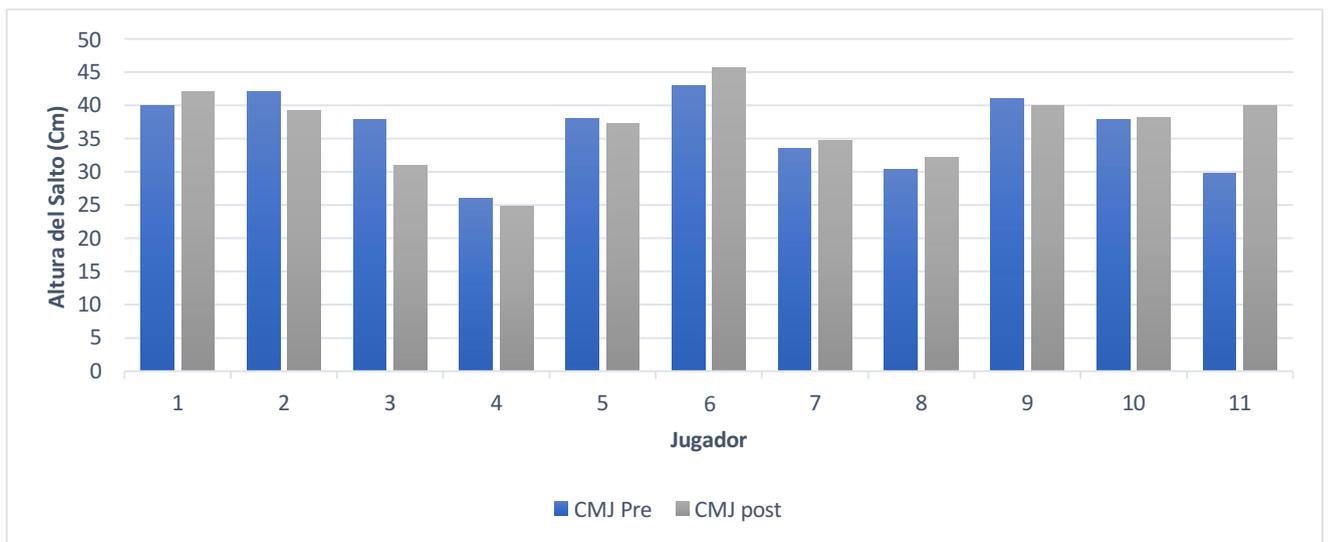


Figura 1

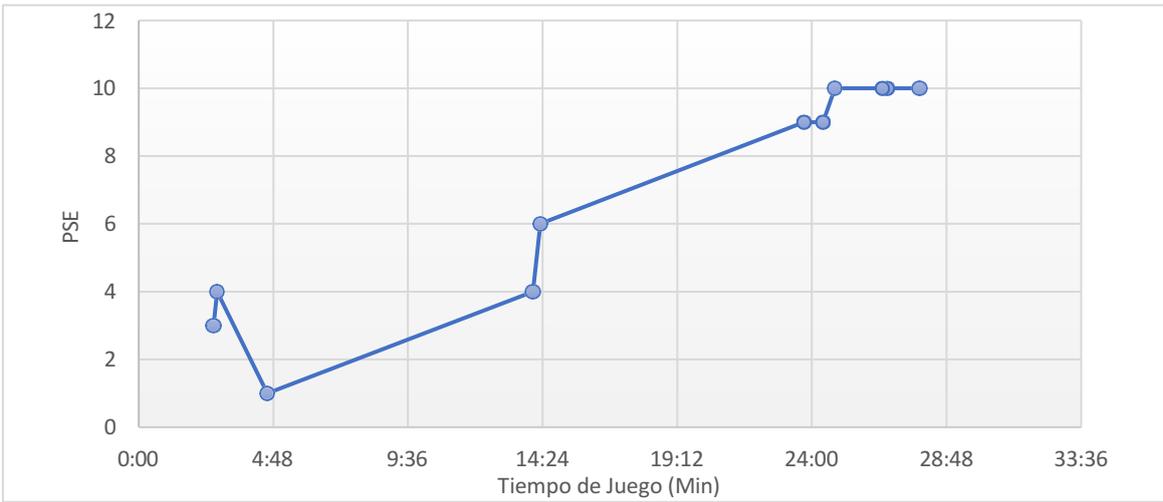


Figura 2



Figura 3

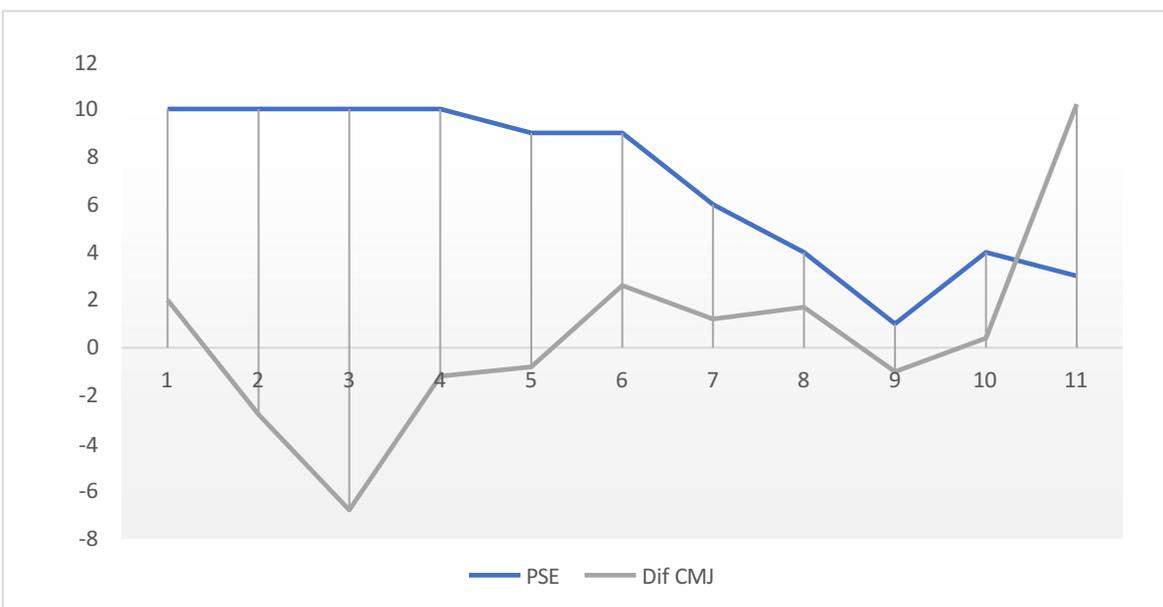


Figura 4

	<i>Jugador</i>	<i>Edad</i>	<i>Tiempo de Juego</i>	<i>PSE</i>	<i>CMJ Antes</i>	<i>CMJ Post</i>	<i>DIF</i>
Jugador	1						
Edad	-0,496794635	1					
Tiempo de Juego	-0,94377621	0,33883524	1				
PSE	-0,898354685	0,351866609	0,950787074	1			
CMJ Antes	-0,29116255	0,27415332	0,219986763	0,17124224	1		
CMJ Post	0,130369295	0,453353028	-0,157877407	-0,16363516	0,73272336	1	
DIF	0,571519219	0,264293676	-0,514512549	-0,45725179	-0,318667067	0,411553723	1

Tabla 2 - Coeficiente de Correlación de Pearson

4. Discusión

Mediante el presente estudio se intentó determinar si la variable de la altura del salto CMJ era un indicador eficaz para indicar niveles de fatiga neuromuscular.

Se logró encontrar una correlación débil y negativa entre la Percepción subjetiva del esfuerzo y el rendimiento del salto CMJ, lo que explicaría que, al haber un aumento en la intensidad percibida, existe una tendencia a una caída del rendimiento. Sin embargo, al realizar un análisis de regresión lineal sobre estas dos variables, se encuentra que solo en un 12% es posible explicarse la variabilidad del salto respecto de la PSE indicada, lo que no existe una correlación estadísticamente significativa entre la prueba de salto realizada y la percepción Subjetiva del Esfuerzo. Posteriormente, se analizó mediante un coeficiente de correlación de Pearson, la relación entre el Tiempo de Juego y la Diferencia de altura entre los saltos pre y postpartido. Se observa una relación débil y negativa entre estas variables. Aunque existe una tendencia a que un mayor de tiempo de juego esté asociado con una disminución en la altura del salto CMJ, al realizar un análisis de regresión lineal se encuentra que solo en un 18% puede explicarse la variabilidad del salto en relación a los minutos de juego en cancha.

Finalmente, mediante la Prueba T de Student se buscó comparar los resultados del salto CMJ antes y después del partido. El valor obtenido indica que no existe evidencia suficiente para concluir que existe una diferencia significativa entre ambos saltos, lo que implica que el rendimiento del salto no es afectado por la intensidad marcada en el partido de manera significativa estadísticamente. Sumado a ello, al realizar el coeficiente de correlación de Pearson entre ambos saltos, se encuentra una fuerte y positiva correlación, lo que indica que, en general,

los sujetos que realizaron saltos prepartido con una mayor altura, tienden a mantener o mejorar el rendimiento a la misma prueba postpartido.

En relación a la bibliografía analizada, los resultados contrastan con los obtenidos por (Kennedy & Drake, 2017), quienes en su estudio encontraron que varias variables del rendimiento del salto CMJ, específicamente 9 de 14 analizadas, entre las cuales se encuentra la altura del salto, obtienen rendimientos menores en una evaluación 24 hs post esfuerzos fatigantes. También (Bobbert et al., 2011) encuentran disminuciones significativas en distintas variables analizadas en el salto, desde aspectos biomecánicos, observando también una disminución de aproximadamente 6 cm entre los saltos Pre y Post Fatiga.

5. Conclusiones

En el presente estudio se realizó un análisis de Fatiga neuromuscular a partir de dos evaluaciones de salto CMJ, en una situación pre partido y en una 24 hs posteriores, en un equipo de básquet de la Liga Federal Argentina, teniendo como variable de medida la altura del salto en centímetros. A partir de lo analizado, se concluye que los datos obtenidos indican que el test de salto CMJ no proporcionó diferencias significativas en la altura del salto antes y después del partido, lo que sugiere que esta variable no es de utilidad para medir niveles de fatiga, al menos en la población evaluada.

Limitaciones

El número de evaluados (n=11), así como también la variabilidad de intensidades que representa un partido de baloncesto pueden ser limitantes a la hora del estudio. Se recomienda para futuras, además, incorporar el análisis de otras variables del salto para ser analizadas, como podrían ser aspectos biomecánicos del movimiento o mediciones de picos de potencia o fuerza ejercida al suelo.

6. Referencias

- Aquino, M., Petrizzo, J., Otto, R. M., & Wygand, J. (2022). The Impact of Fatigue on Performance and Biomechanical Variables—A Narrative Review with Prospective Methodology. *Biomechanics*, 2(4), 513-524.
<https://doi.org/10.3390/biomechanics2040040>
- Bobbert, M. F., Van Der Krogt, M. M., Van Doorn, H., & De Ruyter, C. J. (2011). Effects of Fatigue of Plantarflexors on Control and Performance in Vertical Jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(4), 673-684.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181fa7738>
- Boyas, S., & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(2), 88-108. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2011.01.001>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397-402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Espasa-Labrador, J., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Montalvo, A. M., Carrasco-Marginet, M., Irurtia, A., & Calleja-González, J. (2023). Monitoring Internal Load in Women's Basketball via Subjective and Device-Based Methods: A Systematic Review. *Sensors*, 23(9), 4447. <https://doi.org/10.3390/s23094447>
- Jayalath, J. L. R., De Noronha, M., Weerakkody, N., & Bini, R. (2018). Effects of fatigue on ankle biomechanics during jumps: A systematic review. *Journal of*

Electromyography and Kinesiology, 42, 81-91.

<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.06.012>

Kennedy, R. A., & Drake, D. (2017). The effect of acute fatigue on countermovement jump performance in rugby union players during preseason. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(10). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06848-7>