



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Trabajo de Fin de Máster

**EFFECTO AGUDO DE LA FUERZA
EXCÉNTRICA ISQUIOSURAL DESPUÉS
DE UN PARTIDO DE FÚTBOL EN
JUGADORES CADETES**

Autor: Alejandro Martínez Blay

Tutor: Víctor Moreno Pérez

Máster en Rendimiento Deportivo y Salud

Curso 2021 / 2022

ÍNDICE

Introducción	4
Materiales y Métodos	7
<i>Participantes</i>	7
<i>Diseño y entorno del estudio</i>	7
<i>Medición de la fuerza excéntrica mediante el Nordic Hamstring</i>	8
<i>Análisis estadístico</i>	9
Resultados	10
Discusión	12
Conclusiones	14
Bibliografía	15



Introducción

En la actualidad, el fútbol se considera un deporte de equipo intermitente, que alterna acciones de alta intensidad con periodos de baja intensidad (Mohr, Krstrup & Bangsbo, 2005). Los análisis y las mediciones fisiológicas demuestran que el fútbol moderno exige mucha energía y la importancia de tener buena capacidad de realizar esfuerzos repetidos de alta intensidad. (Iaia, Rampinini & Bangsbo, 2009).

Los registros de los análisis de las demandas de partidos muestran que los jugadores recorren unos 9-12 kilómetros de los cuales 350 metros es a sprint y unos 1150 metros a alta intensidad. (Barnes et al., 2014). Las intensidades de estas demandas oscilan en una media entre el 80-90 % de la frecuencia cardíaca máxima y 70% del VO₂ máx (Rampinini, Coutts & Castagna, 2007; Di Salvo, Baron & Tschan, 2007; Mohr, Krstrup & Nybo, 2004). Durante estas demandas se producen gran número de acciones muy variantes como carreras, saltos, aceleraciones, desaceleraciones y cambios bruscos de dirección (Stolen et al., 2005). Estos movimientos vienen influenciados por el movimiento del balón y de los jugadores adversarios. Además de las exigencias físicas que genera la práctica del fútbol, se considera un deporte de contacto. Debido a estas características, el fútbol conlleva un riesgo significativo de poder desarrollar lesiones. Según varios estudios, la incidencia total de lesiones en los jugadores jóvenes de élite osciló entre 2.0 lesiones (Junge, Chomiak & Dvorak, 2000) y 19.4 lesiones (Ergün, Denerel, Binnet, & Ertat, 2013) por cada 1000 horas de exposición a la práctica deportiva. La tasa de lesiones varió de 9.5 lesiones (Le Gall, Carling, Reilly, Vandewalle, Church & Rochcongar, 2006) a 48.7 lesiones (Ergün et al., 2013) por 1000 horas de exposición durante los partidos, y 3.7 lesiones (Le Gall et al., 2006) a 11.14 lesiones (Brink, Visscher, Arends, Zwerver, Post & Lemmink, 2010) por 1000 horas de exposición durante las sesiones de entrenamiento. En lo que se refiere a futbolistas profesionales, la incidencia total de lesiones osciló entre 2.48 lesiones (Ekstrand et al., 2011) y 9.4 lesiones (Waldén, Hägglund & Ekstrand, 2005) por cada 1000 horas de práctica deportiva. Durante la competición, el ratio de lesiones osciló entre 8.7 lesiones (Ekstrand et al., 2011), mientras que durante los entrenamientos

comprendió desde 1.37 lesiones (Ekstrand et al., 2011) y 5.8 lesiones (Waldén et al., 2005) por cada 1000 horas. Específicamente, el 92% de todas las lesiones musculares afectaron a los 4 grupos musculares principales de los miembros inferiores. Principalmente, isquiosurales (37%), aductores (23%), cuádriceps (19%) y gastrocnemios (13%) (Ekstrand et al., 2011). Además, según el estudio de Ekstrand et al. (2020), la lesión por distensión de la musculatura isquiosural es la lesión producida sin contacto más frecuente en el fútbol profesional masculino, además siendo su tasa de recurrencia alta, un 13% en los 2 meses posteriores de la vuelta a los terrenos de juego, y un tiempo promedio de recuperación mayor que la lesión anterior (21.5 días frente a 18 días). (Ekstrand et al., 2016)

Por este motivo, la prevención de lesiones en la musculatura isquiosural son una importante preocupación para los cuerpos técnicos de los equipos (Bahr et al., 2018), donde los clubes profesionales invierten continuamente en programas de detección y estrategias preventivas para minimizar este problema. (McCall et al., 2014; Meurer et al., 2017)

Estudios previos, revisiones sistemáticas y metaanálisis realizados en el fútbol y otros deportes de equipo han identificado varios factores no modificables, como la edad, las lesiones previas, la arquitectura muscular y el origen étnico (Cuthbert et al., 2020; Opar, Williams, & Shield, 2012), y factores modificables como la reducción de la flexibilidad (Bradley & Portas, 2007), la fatiga (Ekstrand et al., 2011), y el déficit de la fuerza (Cuthbert et al., 2020; Lee et al., 2018; Opar et al., 2012) relacionados con un mayor riesgo de distensión de los músculos isquiosurales (Ribeiro-alvares et al., 2020; Timmins et al., 2016). Entre los factores de riesgo modificables, la disminución de la fuerza de los músculos isquiosurales ha recibido mucha atención en la literatura (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008; Timmins, Bourne, Shield, Lorenzen & Opar, 2016). En este sentido, se ha identificado que el 60% de las distensiones de la musculatura isquiosural reportadas en el fútbol fueron causadas por carreras de alta velocidad (Woods et al., 2004) debido a la falla de los tejidos para tolerar las fuerzas aplicadas o requeridas durante la tarea (Cuthbert et al., 2020). Varios de estos estudios han observado la asociación entre niveles bajos de la fuerza excéntrica de la musculatura flexora de la rodilla y la tasa de distensión de la

musculatura isquiosural en futbolistas (Timmins et al., 2016), jugadores gaélicos (Roe et al., 2020) y futbolistas australianos (Opar et al., 2015) medidos durante el ejercicio nórdico de isquiotibiales.

La lesión por distensión de la musculatura isquiosural representa el 12% de todas las lesiones en jugadores de alto nivel, siendo la más frecuente en el fútbol (Ekstrand, Hägglund & Waldén, 2011). Un equipo profesional puede esperar de 5 a 6 lesiones de esta musculatura por temporada (Ekstrand et al., 2011), y la distensión de la musculatura isquiosural suele tener síntomas persistentes (Tol, Hamilton, Eirale, Muxart, Jacobsen & Whiteley, 2014) y tasas de recurrencia elevadas (Ekstrand et al., 2011), por lo tanto, la prevención es un objetivo principal.

Por estos motivos, los investigadores han avanzado en la comprensión de los factores de riesgo de la distensión de la musculatura isquiosural (Opar et al., 2012; Freckleton & Pizzari, 2013) y han propuesto acciones preventivas eficaces (Al Attar, Soomro, Sinclair, Pappas & Sanders, 2017; Thorborg, Krommes, Esteve, Clausen, Bartels & Rathleff, 2017). Al mismo tiempo, los clubes de fútbol invierten en pruebas de laboratorio y de campo para evaluar a los jugadores que podrían ser propensos a lesionarse (Meurer et al., 2017; McCall et al., 2014). Sin embargo, las tasas de distensión de la musculatura isquiosural han aumentado anualmente un 4% entre los jugadores de fútbol profesional (Ekstrand et al., 2016).

Un método utilizado para entrenar tanto como para evaluar la fuerza de los músculos isquiosurales ha sido el ejercicio “Nórdic Hamstring” (Cuthbert et al., 2020).

Por ello, el objetivo de este trabajo final de Máster consiste en examinar el efecto agudo de la fuerza excéntrica en la musculatura isquiosural tras un partido completo de fútbol en jugadores cadetes, así como observar los porcentajes de recuperación a las 24 horas postpartido.

Materiales y Métodos

Participantes

En el estudio participaron inicialmente 20 jugadores pertenecientes a un club deportivo que milita en la categoría preferente de la Federación Valenciana de Fútbol. Cuatro participantes fueron excluidos del estudio al no completar las tres pruebas solicitadas. Por lo tanto, 16 participantes (edad, $14,81 \pm 0,75$ años; altura, $1,76 \pm 0,07$ metros; masa corporal, $60,69 \pm 9,57$ kilogramos) completaron el programa íntegramente. Se incluyeron jugadores que participaron de forma activa en las rutinas de entrenamiento y partidos sucedidos a lo largo de la temporada y no sufrían ninguna dolencia el día de las mediciones. Todos ellos debían participar un mínimo de ochenta minutos. Se excluyeron los porteros por realizar demandas diferentes al resto de jugadores de campo.

Todos los participantes participaron de forma voluntaria, así como fueron informados de las intenciones, riesgos y procedimientos del estudio firmando un consentimiento informado basado en la Declaración de Helsinki. El Comité de Ética de la universidad dio su aprobación para la realización del estudio (TFM.MRD.VMP.AMB.201204).

Diseño y entorno del estudio

El estudio se llevó a cabo durante el mes de marzo en temporada 2021-2022. Los jugadores realizaron un partido de fútbol simulado de 80 minutos, con dos partes de 40 minutos y un periodo de descanso de 10 minutos. Se realizó en un terreno de juego de césped artificial con unas dimensiones de 100 metros de largo y 50 metros de ancho. Se estableció el partido donde se recogieron las medidas a las 72 horas posteriores del último encuentro disputado, y 48 horas posteriores a un entrenamiento regenerativo de baja carga. Se les realizó una grabación del test "Nordic Hamstring" para conocer el efecto agudo de la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural. El citado test se evaluó en diferentes momentos. Primero, 48 horas previas al partido simulado, inmediatamente

después de finalizar, y a las 24 horas posteriores al partido. La medición previa y post partido se realizó en el mismo terreno de juego, mientras que la posterior la realizaron los propios deportistas en su casa. La evaluación se cometió después de la realización de un calentamiento de movilidad articular y estiramientos dinámicos de 15 minutos dirigido por el preparador físico del equipo. Para ello, actuaron como evaluadores el preparador físico, licenciado en ciencias de la actividad física y el resto del cuerpo técnico, que fueron informados del funcionamiento de la prueba como de los protocolos a seguir. Antes del inicio del estudio, se programó una videollamada a través de la plataforma “Zoom”, para realizar una reunión informativa mediante la presentación de un PowerPoint acerca del estudio y de los protocolos a seguir, así como de la técnica correcta en todo momento.

Medición de la fuerza excéntrica mediante el Nordic Hamstring

Para evaluar la fuerza excéntrica de los isquiosurales, se realizaron dos grabaciones del ejercicio nórdico de isquiosurales, de manera bilateral, ejecución muy lenta, con un descanso de 60 segundos entre ellas, considerándose válidas todas aquellas repeticiones que se realizaron con la técnica correcta manteniendo la espalda recta y un descenso lento. Se llevaron a cabo dos mediciones por participante. Los requisitos técnicos de la grabación consistieron en que la posición de la cámara fuera vertical, encuadrando durante el recorrido los tobillos, rodillas y caderas con repetición bilateral, siendo indiferente el perfil por el cual se ha grabado. La frecuencia de la cámara se programó a cámara lenta, a 240 fotogramas por segundo. Mientras que, para la identificación de los vídeos, antes de realizar la ejecución del ejercicio, cada jugador dice su nombre y el número al cual corresponde la repetición. Para el análisis de los datos se utilizó el programa “Nordics”, de Carlos Balsalobre. Para la realización de la prueba, se utilizó una esterilla para que el participante se arrodillara sobre ella, mientras que un miembro del cuerpo técnico (o familiar para las grabaciones realizadas desde casa), sujetó los tobillos para ofrecer la estabilidad necesaria. Se indicó que durante la ejecución se contraigan los músculos isquiosurales, los glúteos y los abdominales. La técnica consistió en mantener la espalda recta, e

inclinarse lentamente hacia delante hasta llegar al suelo, siendo este descenso lo más lento posible. Para ello, aportaron la información necesaria respecto los parámetros antropométricos necesarios, como son la edad, sexo, peso, altura y el brazo de palanca en metros, la distancia desde la rodilla hasta la cabeza.



Figura 1. Ejecución del ejercicio “Nórdic Hamstring” para evaluar el efecto agudo de la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural.

Análisis estadístico

Mediante la prueba Shapiro-Wilk se confirmó la normalidad de la distribución. Se realizó una prueba t de medidas repetidas para comparar las diferencias medias entre los niveles de fuerza y los ángulos de ruptura. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$. Se utilizó la d de Cohen para calcular los tamaños de efecto (TE) entre las diferentes medidas, considerándolos como “triviales” ($TE < 0.2$), “pequeños” ($TE > 0.2$), “moderados” ($TE > 0.5$) y “grandes” ($TE > 0.8$) (Cohen, 1998). Para la evaluación del déficit de fuerza y del ángulo de ruptura de forma individual posteriores al partido y a las 24 horas, se creó una clasificación de recuperación en relación con las medidas prepartido. Considerando “totalmente recuperado” cuando el déficit es inferior al coeficiente de variación (déficit de fuerza $< 8\%$; déficit de angulación $< 2\%$), “parcialmente

recuperado”, cuando el déficit de fuerza fue mayor al coeficiente de variación (déficit de fuerza > 8%; déficit de angulación > 2%), y “no recuperado”, cuando el déficit fue superior al cambio mínimo detectable (déficit de fuerza > 42%; déficit de angulación > 15%).

Resultados

Respecto a la capacidad de fuerza inicial (medida prepartido), se observó una reducción significativa de fuerza en la musculatura isquiosural tras la finalización del encuentro ($p = 0.01$; ES = 0.740), al igual que en la medición a las 24 horas ($p = 0.007$; ES = 0.773). Sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas entre las mediciones postpartido y las tomadas a las 24 horas tras finalizar el encuentro ($p = 0.076$; ES = 0.476). Estos datos se encuentran representados en la Tabla 1.

Tabla 1. Media \pm desviación media de la fuerza de la musculatura isquiosural en el “Nórdic Hamstring” comparándolo prepartido, postpartido y a las 24 horas postpartido.

	Prepartido	Postpartido	24 horas postpartido	Prepartido vs Postpartido	Prepartido vs 24 horas postpartido	Postpartido vs 24 horas postpartido
Fuerza (Nm)	Media (Nm)	Media (Nm)	Media (Nm)	p ES [95% CI]	p ES [95% CI]	p ES [95% CI]
	267.13 \pm 86.19	229.38 \pm 73.18	200.74 \pm 85.99	.01, 0.74 [0.17, 1.29]	.007, 0.77 [0.20, 1.32]	.076, 0.48 [-0.05, 0.99]

Asimismo, los valores referentes a los ángulos de ruptura obtenidos durante la ejecución del ejercicio “Nórdic Hamstring”, se pueden observar en la tabla 2. Nuestros resultados mostraron una reducción significativa de la angulación al finalizar el partido ($p = 0.003$; ES = 0.871) y a las 24 horas posteriores al partido ($p = 0.01$; ES = 0.738). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las mediciones postpartido y las obtenidas al día siguiente ($p = 0.281$; ES = 0.279).

Tabla 2. Media \pm desviación media de la angulación de la musculatura isquiosural en el "Nórdic Hamstring" comparándolo prepartido, postpartido y a las 24 horas postpartido.

Ángulo de ruptura (°)	Prepartido	Postpartido	24 horas postpartido	Prepartido vs Postpartido		Prepartido vs 24 horas postpartido		Postpartido vs 24 horas postpartido	
	Media Angulación	Media Angulación	Media Angulación	p	ES [95% CI]	p	ES [95% CI]	p	ES [95% CI]
	113.48 \pm 7.49	107.83 \pm 7.83	104.64 \pm 10.21	.003,	0.87 [0.28, 1.44]	.01,	0.74 [0.17, 1.28]	.279,	0.28 [-0.23, 0.78]

Se evaluaron los participantes de forma individual para clasificarlos en función del déficit de fuerza y ángulo de ruptura. En la figura 2, se pueden observar los valores referentes a la fuerza. A las 24 horas, 6 jugadores no se habían recuperado aún y se encontraban muy fatigados (déficit > 42 %), mientras que otros 6 participantes obtuvieron una recuperación parcial (déficit > 4%) y 4 jugadores se encontraban recuperados del esfuerzo realizado durante el encuentro. Por otro lado, en la figura 3 se representan los cambios de la angulación de forma individual. Cinco jugadores presentaron un déficit inferior a 2% considerándose recuperados, mientras que 7 jugadores obtuvieron una recuperación parcial y 3 jugadores aún se encontraban muy fatigados.

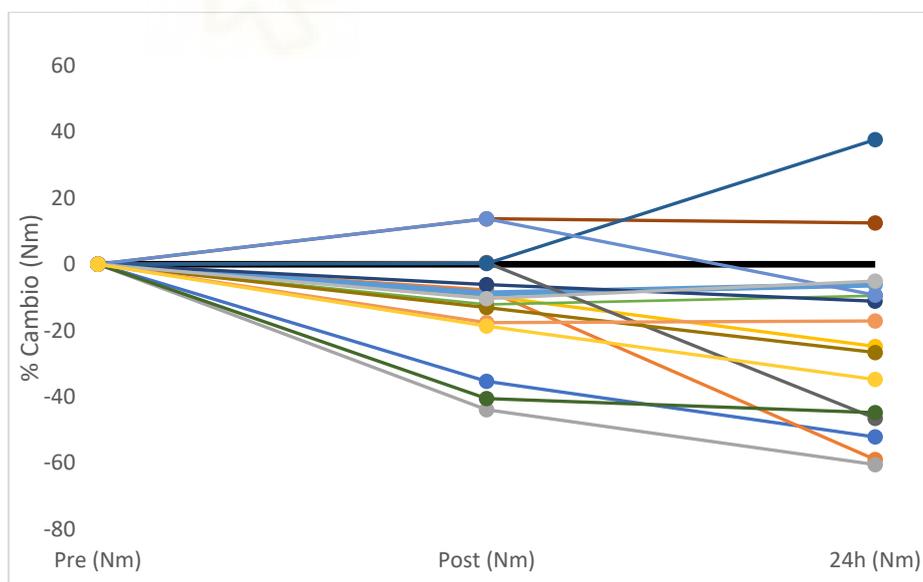


Figura 2. Porcentaje de cambio individual de los jugadores en los niveles de fuerza (Nm)

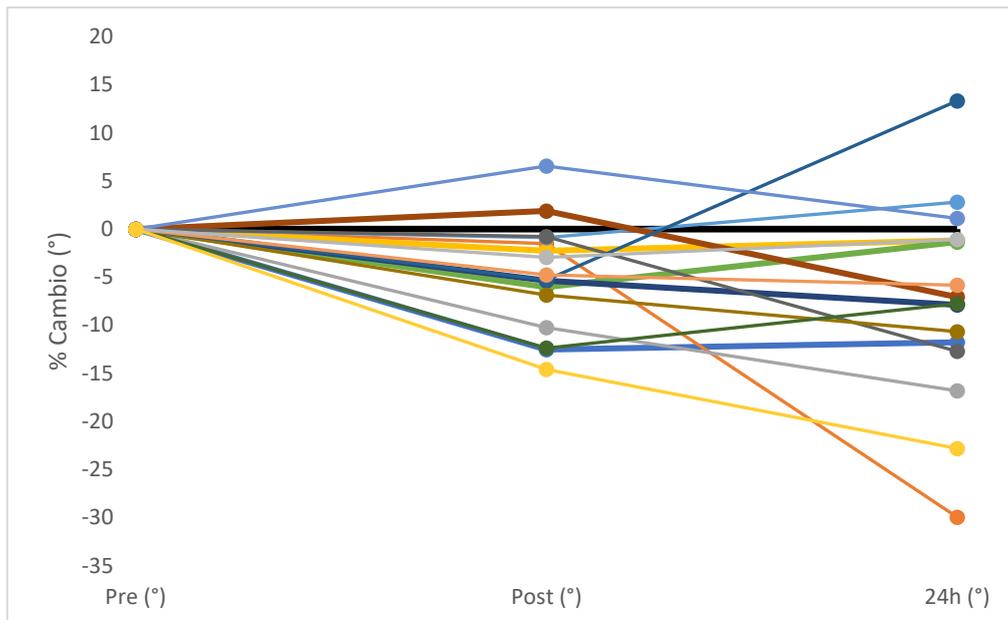


Figura 3. Porcentaje de cambio individual de los jugadores en los ángulos de ruptura

Discusión

Un mayor riesgo de lesión por distensión muscular está asociado a factores como la fuerza muscular deficiente, en particular la fuerza excéntrica (Croisier et al., 2002). Por ello, el objetivo del presente trabajo final de Máster tiene como objetivo examinar el efecto agudo de la fuerza excéntrica en la musculatura isquiosural tras un partido completo de fútbol en jugadores cadetes, así como observar los porcentajes de recuperación a las 24 horas postpartido.

En el actual trabajo se observó que los jugadores de fútbol mostraron un 14.13% de reducción de la fuerza de la musculatura isquiosural después de un partido en comparación a las medidas prepartido establecidas como base. Mientras las mediciones a las 24 horas del partido mostraron que el déficit de fuerza se acentuó hasta el 24.85%. Respecto a la angulación en el test “Nórdic Hamstring” después del partido en comparación al prepartido, mostró una disminución de 5.65° que viene a ser un 4.98% de reducción, y un déficit de 8.84°, equivalente a un 7.79% del ángulo de ruptura a las 24 horas posteriores del encuentro respecto a las medidas prepartido. Resultados similares en relación a la pérdida de fuerza se han encontrado en estudios realizados previamente (Bueno et al., 2021; Wollin, Thorborg & Pizzari, 2017). Por ejemplo,

Bueno et al. (2021) encontraron déficits de fuerza en la musculatura isquiosural posteriores a un partido de fútbol en jugadores profesionales masculinos. A su vez, en la misma línea, Wollin et al. (2017) también obtuvieron resultados similares en jugadores juveniles internacionales. Sin embargo, aunque varios estudios (Lee et al., 2017; Sconce et al., 2015) respaldan el ejercicio de Nordic Hamstring como test para la obtención de datos de la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural como un método alternativo válido a la dinamometría, estos estudios (Wollin et al., 2017; Ribeiro-alvares et al., 2020), no pueden ser comparados con los nuestros debido a diferencias metodológicas. Por ejemplo, en el estudio de Wollin et al. (2017) se utilizó la dinamometría como herramienta de valoración de la fuerza de la musculatura isquiosural, donde los jugadores se encontraban en una posición decúbito prono sobre una cuña a 45° de flexión de cadera y 30° de flexión de rodilla aplicando fuerza a un dinamómetro atado externamente. Mientras que, en nuestro estudio, se realizó el “Nordic Hamstring” donde los jugadores se encontraban en una posición de rodillas sobre una esterilla con la cadera neutra y el torso erguido. En este sentido, Moreno-Pérez et al. (2020), investigaron la relación entre 3 pruebas para evaluar la fuerza isquiosural: el Nordic Hamstring usando una celda de carga, la fuerza isométrica de la cadena posterior 90:20 con un dinamómetro de mano y la flexión de rodilla isométrica a 15° con una plataforma de fuerza. Moreno-Pérez et al. (2020) observó que ninguno de los jugadores obtuvo resultados similares en las 3 pruebas, sugiriendo que el músculo se activó de manera diferente, y por tanto, debido a la mala relación y la baja concordancia los resultados de las diferentes pruebas no se pueden comparar.

De acuerdo con Kakavas et al. (2021), la pérdida de fuerza ocurrida tras un encuentro se asocia a la fatiga producida durante el partido. Esta pérdida de fuerza podría aumentar el riesgo de lesión ya que un elevado número de las lesiones suelen producirse durante los últimos 15 minutos finales de cada tiempo (Rampinini et al., 2011). De hecho, el riesgo de que un jugador de fútbol sufra una distensión de la musculatura isquiosural aumenta ~9% con cada disminución de 10N en la fuerza de los flexores excéntricos de la rodilla (Timmins et al., 2016).

Como limitaciones del estudio hay que destacar que el número de participantes representan una muestra pequeña (16 jugadores), así como el número de mediciones temporales realizadas después del partido: postpartido y 24 horas después frente a otros estudios que llegan a las 72 horas (Bueno et al., 2021; Wollin et al., 2017). Además, no se registraron los niveles de carga interna y externa de los participantes durante el partido, así como no se pudo controlar algunos factores posteriores al encuentro deportivo: las horas de sueño, la alimentación e hidratación, hábitos saludables o el reposo absoluto de cualquier actividad física.

Conclusiones

En resumen, nuestro estudio observó que tras la disputa de un partido de fútbol los jugadores mostraron un descenso tanto en la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural como en el ángulo de ruptura tras la realización del “Nórdic Hamstring”. Estos déficits persistieron a las 24 horas posteriores al partido, considerando que los jugadores mantenían una recuperación insuficiente.

Por lo tanto, un control y seguimiento del estado de recuperación del jugador puede ayudar a gestionar la carga individual del futbolista, sobre todo en calendarios en los cuales los equipos deben disputar varios partidos en periodos cortos de tiempo, como intervalos de 3 días, acentuando el riesgo de lesión.

Bibliografía

- Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of injury prevention programs that include the Nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47(5):907–916.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*, 35(13), 1095-1100.
- Brink MS, Visscher C, Arends S, Zwerver J, Post WJ, Lemmink KA. Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *Br J Sports Med.* 2010; 44 11: 809
- Bueno, C. A., de Araujo Ribeiro-Alvares, J. B., dos Santos Oliveira, G., Grazioli, R., Veeck, F., Pinto, R. S., ... & Baroni, B. M. (2021). Post-match recovery of eccentric knee flexor strength in male professional football players. *Physical Therapy in Sport*, 47, 140-146.
- Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 2002; 30:199-203.

- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36(8):1469–1475.
- Cuthbert, M., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., Haff, G. G., & Comfort, P. (2020). The effect of Nordic hamstring exercise intervention volume on eccentric strength and muscle architecture adaptations: a systematic review and meta-analyses. *Sports Medicine*, 50(1), 83-99.
- Di Salvo V, Baron R, Tschan H et al. Performance characteristics according to playing position in professional soccer. *Int J Sports Med* 2007; 28(3):222–227
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1226-1232.
- Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553–558
- Ekstrand, J., Krutsch, W., Spreco, A., Van Zoest, W., Roberts, C., Meyer, T., & Bengtsson, H. (2020). Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA elite Club injury study. *British journal of sports medicine*, 54(7), 421-426.
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since

2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British journal of sports medicine*, 50(12), 731-737.

Ergün M, Denerel HN, Binnet MS, Ertat KA. Injuries in elite youth football players: a prospective three-year study. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2013; 47 5: 339– 346.

Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013;47(6):351–358.

Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International journal of sports physiology and performance*, 4(3), 291–306.

Junge A, Chomiak J, Dvorak J. Incidence of football injuries in youth players: comparison of players from two European regions. *Am J Sports Med.* 2000; 28 suppl 5: S47– S50.

Kakavas, G., Maliaropoulos, N., Gabbett, T., Mitrotasios, M., Van Dyk, N., Bikos, G., & Maffulli, N. (2021). A 90 Minute Soccer Match Induces Eccentric Hamstring Muscles Fatigue. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ)*, 11(2).

Le Gall F, Carling C, Reilly T, Vandewalle H, Church J, Rochcongar P. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *Am J Sports Med.* 2006; 34 6: 928– 938.

Lee, J. W., Li, C., Yung, P. S., & Chan, K. M. (2017). The reliability and validity of a video-based method for assessing hamstring strength in football players. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(1), 18-21.

- Lee, J. W., Mok, K. M., Chan, H. C., Yung, P. S., & Chan, K. M. (2018). Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *Journal of science and medicine in sport*, 21(8), 789-793.
- McCall, A., Carling, C., Nedelec, M., Davison, M., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *British journal of sports medicine*, 48(18), 1352-1357.
- Meurer, M. C., Silva, M. F., & Baroni, B. M. (2017). Strategies for injury prevention in Brazilian football: Perceptions of physiotherapists and practices of premier league teams. *Physical therapy in sport*, 28, 1-8.
- Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: A brief review. *J Sports Sci* 2005; 23: 593–599
- Mohr M, Krstrup P, Nybo L et al. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports* 2004; 14(3):156–162.
- Moreno-Pérez, V., Méndez-Villanueva, A., Soler, A., Del Coso, J., & Courel-Ibáñez, J. (2020). No relationship between the nordic hamstring and two different isometric strength tests to assess hamstring muscle strength in professional soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 46, 97-103.
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports medicine*, 42(3), 209-226.

- Opar, D., Williams, M., Timmins, R., Hickey, J., Duhig, S., & Shield, A. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(4), 857-865.
- Rampinini E, Bosio A, Ferraresi I, Petruolo A, Morelli A, Sassi A. Match-related fatigue in soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:2161-70.
- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C et al. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 2007; 28(12):1018–1024.
- Ribeiro-Alvares, J. B., Dornelles, M. P., Fritsch, C. G., de Lima-E-Silva, F. X., Medeiros, T. M., Severo-Silveira, L., ... & Baroni, B. M. (2020). Prevalence of hamstring strain injury risk factors in professional and under-20 male football (soccer) players. *Journal of sport rehabilitation*, 29(3), 339-345.
- Roe, M., Delahunt, E., McHugh, M., Gissane, C., Malone, S., Collins, K., & Blake, C. (2020). Association between eccentric knee flexor strength and hamstring injury risk in 185 elite Gaelic football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(3), 515-522.
- Sconce, E., Jones, P., Turner, E., Comfort, P., & Graham-Smith, P. (2015). The validity of the nordic hamstring lower for a field-based assessment of eccentric hamstring strength. *Journal of sport rehabilitation*, 24(1), 13-20.
- Stolen T, Chamari K, Castagna C et al. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005; 35(6):501–536

- Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. *Br J Sports Med.* 2017;51(7):562–571
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *British journal of sports medicine*, 50(24), 1524-1535.
- Tol JL, Hamilton B, Eirale C, Muxart P, Jacobsen P, Whiteley R. At return to play following hamstring injury the majority of professional football players have residual isokinetic deficits. *Br J Sports Med.* 2014;48(18):1364–1369.
- Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. UEFA. Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001–2002 season. *Br J Sports Med.* 2005; 39 8: 542– 546.
- Wollin, M., Thorborg, K., & Pizzari, T. (2017). The acute effect of match play on hamstring strength and lower limb flexibility in elite youth football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(3), 282-288.
- Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries. *British journal of sports medicine*, 36(6), 436-441.