

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

MÁSTER EN FISIOTERAPIA PARA EL ABORDAJE DEL DOLOR

NEURO-MÚSCULO-ESQUELÉTICO



**Título: Evaluación neurocognitiva visual en jugadoras de fútbol
amateur.**

AUTOR: Esteban López, Mariano

Nº Expediente: 23

TUTOR: Moreno Pérez, Víctor

Curso académico 2021-2022.

Convocatoria de julio

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	5
3. MÉTODOS	6
Participantes	6
Procedimiento	6
Mediciones	7
Test de agilidad	7
Test de aterrizaje del salto	9
Análisis estadístico	10
4. RESULTADOS	11
5. DISCUSIÓN	13
BIBLIOGRAFÍA	16



RESUMEN

Introducción:

Una mala capacidad neurocognitiva se ha relacionado con un mayor riesgo de lesiones en futbolistas masculinos, sin embargo, no existen estudios que evalúen la relación neurocognitiva visual en futbolistas femeninas.

Objetivo:

El objetivo fue comparar los tiempos de realización de un circuito de agilidad y examinar los parámetros motores del aterrizaje de un salto unipodal con y sin la inclusión de estímulos neurocognitivos.

Método:

Participaron un total de 20 futbolistas femeninas (edad: 21.5 ± 5.1 años; masa corporal: 58.8 ± 6.2 kg; altura: 166 ± 5.2 cm). Realizaron un test de agilidad y un test de aterrizaje de salto unipodal con un estímulo neurocognitivo visual y otro control. Se realizó una prueba T-student para comparar los test.

Resultado:

Los resultados del siguiente trabajo mostraron un aumento significativo del tiempo de realización en el test de agilidad ($p < 0.05$) en el test neurocognitivo en comparación al test control. Además, el valgo de rodilla y el tiempo de contacto en el suelo incrementó en el test neurocognitivo durante el test de aterrizaje. Sin embargo, la flexión de rodilla en el test de aterrizaje no fue significativa ($p > 0.05$).

Conclusión:

Todos los parámetros medidos excepto la flexión de rodilla en el test de aterrizaje fueron peores cuando se incluyeron estímulos neurocognitivos. Esto podría implicar un mayor riesgo de lesiones.

Palabras clave: fútbol, deportistas femeninas, pruebas funcionales, neurocognición

ABSTRACT

Introduction:

Poor neurocognitive ability has been linked to an increased risk of injury in male football players, however, there are no studies assessing the visual neurocognitive relationship in female football players.

Objective:

The aim was to compare the completion times of an agility circuit and to examine the motor parameters of landing a unipodal jump with and without the inclusion of neurocognitive stimuli.

Method:

A total of 20 female football players (age: 21.5 ± 5.1 years; body mass: 58.8 ± 6.2 kg; height: 166 ± 5.2 cm) participated. They performed an agility test and a unipodal jump landing test with a visual neurocognitive stimulus and a control stimulus. A Student's t-test was performed to compare the tests.

Result:

The results of the following work showed a significant increase in completion time in the agility test ($p < 0.05$) in the neurocognitive test compared to the control test. In addition, knee valgus and ground contact time increased in the neurocognitive test during the landing test. However, knee flexion in the landing test was not significant ($p > 0.05$).

Conclusion:

All measured parameters except knee flexion in the landing test were worse when neurocognitive stimuli were included. This could imply an increased risk of injury.

Keywords: football, female athletes, functional tests, neurocognition.

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol femenino es uno de los deportes de más rápido crecimiento en todo el mundo (Martínez-Lagunas et al., 2014). De hecho, el número de mujeres que lo practican a nivel profesional o semiprofesional se duplicó entre 2013 y 2017 (UEFA., 2018). A pesar del aumento de la participación femenina en el fútbol de élite, los estudios que investigan las lesiones en este deporte son escasos (Sentsomedi et al., 2016).

Aunque se conocen los beneficios fisiológicos, psicológicos y sociales de la participación deportiva (Eime et al., 2013a, 2013b); estos pueden verse contrarrestados por el riesgo de lesionarse. En el mundo del fútbol las lesiones en las extremidades inferiores como rodilla, tobillo, cadera o isquiotibiales se producen con elevada frecuencia (López-Valenciano et al., 2019); siendo estas las conmociones cerebrales, (Dick et al., 2009), lesiones de rodilla (Boling et al., 2010) y de tobillo (Murphy et al., 2003) de mayor incidencia en el género femenino.

Con el objetivo de disminuir el riesgo de sufrir lesiones, una de las medidas empleadas es el entrenamiento del control neuromuscular durante los movimientos dinámicos en los programas de prevención (Sugimoto et al; 2015). Específicamente, estos programas se centran en mejorar la mecánica de movimientos de forma aislada, como el aterrizaje de un salto. Sin embargo, los citados programas no demuestran una transferencia sólida a la variedad de movimientos dinámicos exigidos en los escenarios deportivos (Dicesare et al; 2019).

En los últimos años se tiene constancia de que el rendimiento de los atletas está íntimamente relacionado con la capacidad cognitiva visual (Alves et al; 2013; Almonroeder et al; 2019). Además, la adición de componentes neurocognitivos reactivos y anticipatorios pueden servir para simular escenarios más específicos del deporte (Simon et al., 2019). Estudios recientes han demostrado que la distracción de la atención podría perjudicar el rendimiento de los deportistas (Wilke et al., 2021) y por

otro lado, el seguimiento de objetos múltiple podría evaluar y simular de forma fiable las tareas cognitivas visuales de los deportistas en un entorno dinámico (Ehmann et al., 2021).

La atención visual, el autocontrol, la capacidad de control motor, el tiempo de reacción y la doble tarea, se consideran los aspectos de la neurocognición que más probablemente están relacionados con el rendimiento (Herman & Barth., 2016). Estas dimensiones neurocognitivas son vitales para el rendimiento y la seguridad de los atletas, ya que deben mantener las respuestas neuromusculares durante los entornos deportivos dinámicos (Mclean et al., 2008).

Por lo tanto, una evaluación de integración físico-cognitiva con aplicación a las lesiones deportivas debe incorporar no sólo las maniobras físicas clásicas asociadas con la recuperación y el riesgo de lesiones, sino también desafíos cognitivos con estímulos visuales-espaciales reactivos que sean paralelos a la carga neurocognitiva de la participación atlética de la participación deportiva (Simon et al., 2019). Además, hasta ahora para añadir carga cognitiva y/o visual a pruebas funcionales se ha utilizado el entorno del laboratorio, lo que requiere una tecnología costosa (Monfort et al., 2019); del mismo modo las limitadas opciones de pruebas clínicas cuantifican el rendimiento físico y cognitivo por separado y no la integración de ambos (Spiteri et al., 2013).

Por ello, nos planteamos la duda de cómo puede afectar el uso de herramienta cognitiva visual durante una tarea de agilidad y la acción de aterrizaje de un salto en las variables de tiempo de reacción y control biomecánico en un grupo de futbolistas femeninas.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

- Comparar los tiempos de realización de un test de agilidad realizado de manera predeterminada y realizado de manera aleatoria con la inclusión de estímulos neurocognitivos.
- Examinar los parámetros motores del aterrizaje de un salto unipodal sin el uso de estímulos neurocognitivos y con el uso de estímulos neurocognitivos.



3. MÉTODOS

Participantes

Un total de 24 futbolistas femeninas amateur (7 atacantes, 7 centrocampistas, 8 defensoras y 2 porteras) participaron voluntariamente en este ensayo clínico. Entre ellas únicamente 20 jugadoras (5 atacantes, 7 centrocampistas, 6 defensoras y 1 portera; edad: 21.5 ± 5.1 años; masa corporal: 58.8 ± 6.2 kg; altura: 166 ± 5.2 cm) superaron los criterios de inclusión. Todas las participantes excepto una presentaron dominancia de la extremidad inferior derecha. Como criterio de inclusión, se adoptó que todas las participantes ejecutaran correctamente el test de aterrizaje saltando del cajón antes de que se encendiera la luz en sus saltos. Con este criterio se excluyó a 4 futbolistas (2 atacantes, 1 defensora y 1 portera). Además, que no presentasen ninguna dolencia en el momento del estudio.

Antes del test se les entregó la hoja de información al participante, se firmó el consentimiento informado y se respondió a todas sus dudas al respecto.

Este estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR para TFM: 220204131400.

Procedimiento

Todos los datos y las mediciones fueron obtenidas durante el mes de mayo. Las mediciones fueron realizadas por dos fisioterapeutas estudiantes de máster de la Universidad Miguel Hernández. Todas las mediciones fueron realizadas en las sesiones de entrenamiento de los equipos, en un campo de fútbol de césped artificial después de que realizaran su calentamiento habitual. Este calentamiento consistió en 6 minutos de trote, ejercicios de movilidad articular y técnica de carrera. Todas las pruebas fueron explicadas a las participantes de la misma manera, y se les permitió realizar parcialmente cada una de las pruebas para su familiarización. Las mediciones fueron realizadas en el campo de entrenamiento habitual de las jugadoras, llevando también el calzado que usaban para jugar al fútbol. Primero se realizaron las mediciones del test de agilidad, y posteriormente las del test de aterrizaje.

Mediciones

Todas las referencias a pods, luces y estímulos neurocognitivos hacen referencia al sistema de entrenamiento Flash Reflex de Blaze Pods (desarrollado por Rehab Medic) (Figura 1).



Figura 1: Imagen del aparato neurocognitivo visual utilizado

Test de agilidad

Para la medición del test de agilidad se colocó un pod central y 4 pods a 5 metros del pod central cada uno formando un cuadrado entre ellos. (Figura 2).

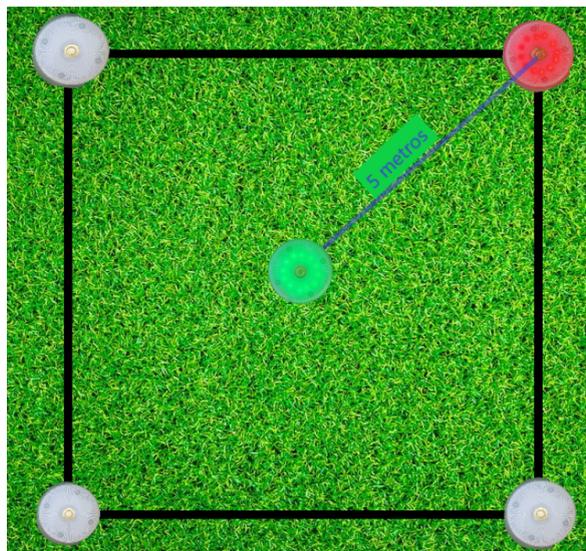


Figura 2: Imagen del test de agilidad empleado

La prueba consistió en situarse en el centro e ir a tocar el pod que se ilumine, volver al centro, tocar el pod central e ir al siguiente que se ilumine, hasta haber completado 8 toques en los pods que forman el cuadrado. Antes de empezar se permitió realizar suavemente una vuelta al cuadrado (4 toques) para practicar el toque de los pods. Si tocaban un pod y no se apagaba sería necesario volver a repetir el test. Primero se iluminaron siguiendo el sentido antihorario y habiendo explicado previamente a las jugadoras el orden que iban a seguir, pasando siempre por el centro.

Después el orden en el que se iluminaron los pods que forman el cuadrado fue completamente aleatorio, y debieron completar también 8 toques de estos últimos, pasando siempre por el pod central y tocándolo. Los pods que formaban el cuadrado se iluminaban 1 segundo después de haber apagado el anterior; el del centro permanecía encendido en todo momento y se apagaba 1 segundo al recibir el toque. Los pods del cuadrado siempre se iluminaban de color rojo y el central de color verde, siempre de 1 en 1.

De esta manera integramos en la actividad física del circuito de agilidad el componente neurocognitivo de tener que prestar atención y pensar mientras lo realiza; factor el cual no se incluye cuando hacemos el circuito en un orden predeterminado.

Se realizó una vez la prueba de manera predefinida y tras 4 minutos de descanso, con estímulos neurocognitivos. En el caso de que una jugadora tocara un pod y este no se apagara, descansaría 2 minutos antes de volver a realizar la prueba.

En esta prueba se midió el tiempo de realización mediante el programa informático que tiene el aparato empleado para las mediciones, el cual registraba dicho tiempo.

Test de aterrizaje del salto

Para el test de aterrizaje del salto se utilizó una superficie de 23 cm de altura, se puso una marca a 30cm del cajón en el suelo, y 3 pods frente al cajón, el todos ellos a 1,2 metros del cajón, el del centro alineado con las dos marcas previas y los laterales a 50 centímetros cada uno del pod central (Figura 3)



Figura 3: Imagen del cajón de salto con la distribución de las pods y cámaras.

Las jugadoras, debían estar sobre el centro del cajón, saltar a la marca del suelo, amortiguar el salto y después saltaban hacia uno de los 3 pods. Se les colocó cinta reflectante en la rótula, la espina ilíaca anterosuperior y la cara anterior del tobillo, utilizando estas referencias para la medición del valgo de rodilla, y en el trocánter mayor, la interlínea articular lateral de la rodilla y el maléolo peroneo para medir la flexión de la rodilla (Arundale et al., 2020). Para la grabación se colocó un trípode con una cámara grabando desde el plano frontal y otro desde el plano lateral a la marca de aterrizaje.

Se les explicó que deben situarse sobre la superficie a la pata coja, con ambas manos en la cintura; saltar a la marca del suelo, amortiguar ligeramente y acto seguido saltar hacia el pod que les hayamos indicado anteriormente; haciéndolo primero a la izquierda, luego al centro y luego a la derecha. Esta secuencia se completó con la pierna derecha y luego con la pierna izquierda. Posteriormente no se les

dijo previamente la dirección del salto, sino que escucharon un aviso “*Ready, set, go!*” y se indicó que saltaran justo después del “go” para que se iluminara el pod central mientras estaban en el aire. Si se ilumina de color azul deberán saltar hacia la izquierda, si se ilumina de color verde deberán saltar hacia el centro y si se ilumina de color rojo deberán saltar hacia la derecha. Hicieron todos los saltos necesarios hasta haber completado el salto hacia las 3 direcciones, midiendo únicamente la primera hacia cada dirección.

De esta forma, añadimos un estímulo neurocognitivo a la actividad realizada previamente, al verse obligadas a pensar y tomar decisiones mientras realizan dicha actividad. Si esperaban a ver la luz para saltar o saltaban en la dirección errónea la prueba no era válida, así que como criterio de exclusión se añadió que la jugadora realizara los saltos después de ver la luz.

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron con el programa Microsoft Excel 2019 (versión 19.0). Se calcularon las estadísticas descriptivas (media \pm desviación estándar) para las pruebas agilidad y salto por separado. La prueba de T-Student se realizó para la comparación de estos parámetros con el uso de estímulos neurocognitivos y sin su uso. La significación estadística se fijó en $p < 0.05$.

4. RESULTADOS

Los valores descriptivos (media \pm desviación estándar) de los parámetros medidos se encuentran en la Tabla 1 para el test de agilidad y en la Tabla 2 para el test de salto.

La Tabla 1 muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en el tiempo de ejecución del test de agilidad con la variable de los estímulos neurocognitivos

Tabla 1. Comparación de resultados del test de agilidad con y sin el uso de estímulos neurocognitivos

TEST AGILIDAD	SIN ESTÍMULOS	CON ESTÍMULOS	<i>p</i>
	NEUROCOGNITIVOS	NEUROCOGNITIVOS	
Tiempo de ejecución (segundos)	27.383 \pm 1.71	29.57 \pm 2.3	$p < 0.05$

La Tabla 2 muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en el ángulo Q y en el tiempo de contacto del pie en el suelo en función de la inclusión o no de estímulos neurocognitivos. No se observaron diferencias significativas en cuanto a la flexión de la rodilla.

Tabla 2. Comparación de resultados del test de salto con y sin el uso de estímulos neurocognitivos

TEST DE SALTO	SIN ESTÍMULOS NEUROCOGNITIVOS	CON ESTÍMULOS NEUROCOGNITIVOS	<i>p</i>
Ángulo Q (grados)	16.49 ± 4.46	19.24 ± 4.33	p<0.05
Flexión de rodilla (grados)	121.84 ± 14.12	122.05 ± 13.72	0.94
Tiempo de contacto en el suelo (segundos)	0.52 ± 0.16	0.66 ± 0.17	0



5. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar los tiempos de realización de un test de agilidad y examinar los parámetros motores del aterrizaje de un salto unipodal con y sin la inclusión de estímulos neurocognitivos visuales. Los principales resultados de este trabajo mostraron diferencias significativas en el tiempo de ejecución del test de agilidad, el tiempo de contacto con el suelo del test de aterrizaje y en el valgo de rodilla; habiendo obtenido en todos estos parámetros un resultado más pobre cuando fueron realizados con la inclusión de estímulos neurocognitivos visuales.

La comparación de los tiempos del test de agilidad mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo más lenta su ejecución cuando las jugadoras debían realizarlo con la inclusión de estímulos neurocognitivos. No tenemos constancia de estudios similares en futbolistas femeninas, sin embargo un estudio de Monfort et al. (2015) recreó un escenario en el que durante las pruebas a realizar por futbolistas masculinos en lugar de poder realizar el gesto cuando el participante eligiese, los participantes debían reaccionar a un estímulo y de este modo procesaron la información de una forma que replicó de manera más precisa lo experimentado en el terreno de juego, disminuyendo el rendimiento y aumentando el riesgo de lesión; lo cual coincide con el resultado obtenido en el presente estudio. Estos resultados también van en la misma línea a los obtenidos por Schnittjer et al. (2020); quién demostró que la incorporación de desafíos neurocognitivos limita que los atletas utilicen el procesamiento cognitivo para compensar el control neuromuscular inadecuado de los movimientos dinámicos, recreando mejor el ambiente de competición y perdiendo agilidad y teniendo un mayor tiempo de retardo en la musculatura, lo que aumenta el riesgo de lesión, como fue demostrado también utilizando como referencia la prueba de salto vertical, en la que también se disminuyó el rendimiento y se incrementó la dificultad de ejecución y el riesgo de lesión (Simon et al., 2019).

El análisis de los parámetros motores del aterrizaje de un salto unipodal también mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el valgo de rodilla y el tiempo de contacto del pie en el suelo, siendo ambos parámetros mayores cuando las jugadoras realizaban el salto con la inclusión de estímulos neurocognitivos, sin embargo, esta significación no existió en la flexión de la rodilla en el aterrizaje de

dicho salto. La mejora de la estabilidad en el salto para la prevención de lesiones es actualmente el foco de las investigaciones sobre fútbol (Webster et al., 2021); y los resultados obtenidos en este estudio son similares a los obtenidos por Mejane et al. (2019), quien apreció que una tarea perceptivo-cognitiva combinada con fatiga muscular podría alterar la cinemática de aterrizaje de la articulación de la rodilla en atletas comunes. También Ren et al. (2021), quien demostró que la interferencia de las tareas cognitivas visuales cambia adversamente la estabilidad en el aterrizaje de los jugadores de fútbol de alto nivel y que la mayor demanda de equilibrio podría aumentar el riesgo de lesiones de los deportistas de fútbol. Todo esto preocupa debido a que es conocido que la capacidad de control postural es un predictor significativo de esguince o distensión de las extremidades inferiores (Plisky et al; 2006). Resulta interesante el entrenamiento de estas capacidades ya que se conoce que tener una baja capacidad neurocognitiva aumenta el riesgo de lesiones (Wilkerson et al., 2012), que entrenar el control neuromuscular de los atletas en diversas condiciones neurocognitivas, puede reducir el riesgo de lesiones y mejorar la adaptación del control motor para el deporte (Grooms et al., 2018) y que la adición de desafíos neurocognitivos en los programas de prevención de lesiones grupales tiene el potencial de mejorar la adherencia al programa de prevención de lesiones. (Walker et al., 2021).

Pese a lo demostrado previamente, también hemos de reconocer limitaciones a este estudio. La principal es haber realizado todas las mediciones en equipos de fútbol femenino amateur, por lo que los resultados no pueden extrapolarse con firmeza al mundo profesional. Otra de las limitaciones es que al realizar secuencias completamente aleatorias no podemos garantizar que todas ellas realizaran la misma secuencia de agilidad o el mismo número de saltos. Por tanto, este estudio tiene aspectos a mejorar antes de afirmar algo extrapolable a toda la población, pero sí que da buenos resultados sobre cuál puede ser la tendencia de resultados usando este tipo de estímulos.

6. CONCLUSIÓN

En resumen, el presente trabajo de fin de máster observó que existen diferencias significativas en el tiempo de ejecución de un test de agilidad y en los parámetros de un aterrizaje de salto unipodal cuando los comparamos incluyendo estímulos neurocognitivos visuales con respecto a cuando no los incluimos; obteniendo peores resultados cuando se incluyen. Estos peores resultados podrían implicar un mayor riesgo de lesión. Además, simulan mejor transferencia a la competición, por lo que nos planteamos si el incluir este tipo de estímulos en los entrenamientos podría disminuir la tasa de lesiones.



BIBLIOGRAFÍA

1. Arundale AJH, Kvist J, Hägglund M, Fältström A. Jump performance in male and female football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Feb;28(2):606-613. doi: 10.1007/s00167-019-05747-1. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31667569; PMCID: PMC6994508.
2. Boling M, Padua D, Marshall S, et al. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20:725–30.
3. DiCesare CA, Kiefer AW, Bonnette S, Myer GD. High-Risk Lower-Extremity Biomechanics Evaluated in Simulated Soccer-Specific Virtual Environments. *J Sport Rehabil.* 2020 Mar 1;29(3):294-300. doi: 10.1123/jsr.2018-0237. PMID: 30676190.
4. Dick RW. Is there a gender difference in concussion incidence and outcomes? *Br J Sports Med* 2009;43:i46–50.
5. Eime RM, Young JA, Harvey JT, et al. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for adults: informing development of a conceptual model of health through sport. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2013;10:135.
6. Eime RM, Young JA, Harvey JT, et al. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2013;10:98
7. Grooms, D. R., Kiefer, A. W., Riley, M. A., et al. (2018). Brain-behavior mechanisms for the transfer of neuromuscular training adaptations to simulated sport: Initial findings from the train the brain project. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(5), 1e5. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0241>
8. H. Alves, M.W. Voss, W.R. Boot, et al., Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players, *Front. Psychol.* 4 (36) (2013) 1–9.
9. Herman, D. C., & Barth, J. T. (2016). Drop-Jump Landing Varies With Baseline Neurocognition: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk and Prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2347–2353. <https://doi.org/10.1177/0363546516657338>

10. J. Mejane, J. Faubert, T. Romeas, et al., The combined impact of a perceptual–cognitive task and neuromuscular fatigue on knee biomechanics during landing, *Knee* 26 (1) (2019) 52–60.
11. J. Wilke, F. Giesche, D. Niederer, et al., Increased visual distraction can impair landing biomechanics, *Biol. Sport* 38 (1) (2021) 110–127
12. K.E. Webster, T.E. Hewett, J.A. Feller, Anterior cruciate ligament injuries in Australian rules football: incidence, *J. Sports Med.* 12 (2021) 33–41
13. López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Gómez A, et al. Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2019:bjsports-2018-099577.
14. Martínez-Lagunas V, Niessen M, Hartmann U. Women's football: player characteristics and demands of the game. *J Sport Health Sci* 2014;3:258–72.
15. McLean, Scott G. (2008). The ACL Injury Enigma: We Can't Prevent What We Don't Understand. *Journal of Athletic Training*, 43(5), 538–540. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.5.538>
16. Monfort, S. M., Comstock, R. D., Collins, C. L., Onate, J. A., Best, T. M., & Chaudhari, A. M. W. (2015). Association Between Ball-Handling Versus Defending Actions and Acute Noncontact Lower Extremity Injuries in High School Basketball and Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(4), 802–807. <https://doi.org/10.1177/0363546514564541>
17. Monfort, S. M., Pradarelli, J. J., Grooms, D. R., Hutchison, K. A., Onate, J. A., & Chaudhari, A. M. W. (2019). Visual-Spatial Memory Deficits Are Related to Increased Knee Valgus Angle During a Sport-Specific Sidestep Cut. *The American Journal of Sports Medicine*, 036354651983454. <https://doi.org/10.1177/0363546519834544>
18. Murphy DF, Connolly DA, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med* 2003;37:13–29.
19. P. Ehmann, A. Beavan, J. Spielmann, et al., 360 degrees-multiple object tracking in team sport athletes: Reliability and relationship to visuospatial cognitive functions, *Psychol. Sport Exerc.* 55 (2021) 1–8

20. P.J. Plisky, M.J. Rauh, T.W. Kaminski, et al., Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 36 (12) (2006) 911.
21. Ren Y, Wang C, Zhang L, Lu A. The effects of visual cognitive tasks on landing stability and lower extremity injury risk in high-level soccer players. *Gait Posture.* 2021 Nov 26;92:230-235. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.11.031. Epub ahead of print. PMID: 34875466.
22. Schnittjer, A., Simon, J. E., Yom, J., & Grooms, D. R. (2020). The effects of a cognitive dual task on jump-landing movement quality. *Int J Sports Med.* <https://doi.org/10.1055/a-1195-2700>. Published online July 21.
23. Sentsomedi KR, Puckree T. Epidemiology of injuries in female high school soccer players. *Afr Health Sci.* 2016;16(1):298–305.
24. Simon JE, Millikan N, Yom J, Grooms DR. Neurocognitive challenged hops reduced functional performance relative to traditional hop testing. *Phys Ther Sport.* 2020 Jan;41:97-102. doi: 10.1016/j.pts.2019.12.002. Epub 2019 Dec 6. PMID: 31837629.
25. Spiteri, T., Cochrane, J. L., & Nimphius, S. (2013). The evaluation of a new lower-body reaction time test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 174–180
26. Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup
27. T.G. Almonroeder, T. Kernozek, S. Cobb, et al., Divided attention during cutting influences lower extremity mechanics in female athletes, *Sports Biomech.* 18 (3) (2019) 264–276.
28. UEFA. UEFA report: registered female footballers on the rise - UEFA. com. 2018. p. 1–5
29. Walker JM, Brunst CL, Chaput M, Wohl TR, Grooms DR. Integrating neurocognitive challenges into injury prevention training: A clinical commentary. *Phys Ther Sport.* 2021 Sep;51:8-16. doi: 10.1016/j.pts.2021.05.005. Epub 2021 May 19. PMID: 34153635; PMCID: PMC8380712.

30. Wilkerson, G. B. (2012). Neurocognitive Reaction Time Predicts Lower Extremity Sprains and Strains. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 17(6), 4–9.
<https://doi.org/10.1123/ijatt.17.6.4>

