



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**“INFLUENCIA DEL ESTÍMULO NEUROCOGNITIVO
EN DIFERENTES HOP-TEST EN JUGADORAS DE
FÚTBOL SEMIPROFESIONAL”**

2022-2023

AUTOR: Unai Rodríguez Gamio

TUTOR: Dr. Víctor Moreno Pérez

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIO SANITARIAS

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes más populares del mundo, conocido como el “rey de los deportes” (Kolokotsios, Drousia, Koukoulithras, & Plexuausakis, 2021). De manera más reciente, el fútbol femenino ha experimentado un crecimiento exponencial, con un aumento notable en el número de jugadoras, tanto a nivel profesional como semiprofesional, llegando a superar los 13 millones de jugadoras (Fahmy, 2011; FIFA, 2019).

En el fútbol, las jugadoras experimentan diferentes niveles de intensidad durante los partidos, alternando momentos de alta y baja intensidad (León Ariza, Sanchez Jiménez, & Ramirez Villada, 2011). Durante el juego, se requiere una variedad de habilidades físicas, como saltar, aterrizar, sprintar y realizar movimientos de aceleraciones y desaceleraciones rápidas entre otros (Calahorra, Torres-Luque, Lara, & Zagalaz, 2011). Investigaciones recientes (Vescovi, Fernandes, & Klas, 2021; Jagim, y otros, 2020) han demostrado que las jugadoras recorren un promedio de entre 9 y 11 km por partido, de los cuales entre el 13 % y 28 % son a alta intensidad (15.0-18.99 km/h), y entre el 14 % y el 24 % son sprints (>19.00 km/h) (Scott, Haight, & Lovell, 2020; Jagim, y otros, 2020) con un promedio de 15.3 ± 8.0 sprints por partido (Jagim, y otros, 2020). Además, durante el partido, las jugadoras realizan un promedio de 16.5 ± 8.4 altas deceleraciones (-3.00 y -50.0 m/s) y 10.0 ± 5.9 altas aceleraciones (3.00 y 50.0 m/s) (Jagim, y otros, 2020).

Estas demandas físicas han llevado a un alto número de lesiones en el fútbol femenino. Por ejemplo, se ha observado una incidencia lesional de 6.1 lesiones por cada 1000 horas de exposición en jugadoras a nivel profesional, la cual se ve aumentada en el caso de las jugadoras en el ámbito semiprofesional, con 12.5 lesiones por cada 1000 horas de exposición (López-Valenciano, y otros, 2021; Szymiski, y otros, 2022). En ambos niveles, las tasas de lesiones son más altas durante los partidos en comparación con las sesiones de entrenamiento (López-Valenciano, y otros, 2020; Szymiski, y otros, 2022) donde la incidencia lesional es 6 veces más alta (8.70 vs 1.37 lesiones por cada 1000 horas de exposición) (Ekstrand, Hagglund, & Walden, 2011).

Las lesiones en el fútbol femenino afectan principalmente a los miembros inferiores (López-Valenciano, y otros, 2020; Szymiski, y otros, 2022), siendo el esguince de tobillo, las distensiones musculares y daños de carácter articular de la rodilla, como ligamento cruzado anterior (LCA), las más comunes (Millikan, Grooms, Hoffman, & Simon, 2018).

Entre ellas, la lesión del LCA es especialmente preocupante para el jugador debido a sus graves consecuencias, como el aumento del riesgo de una segunda lesión en el mismo ligamento, una mayor susceptibilidad de lesiones en el injerto y un mayor riesgo de lesión en la rodilla opuesta (Fältström, Kvist, Grauffin, & Häggglund, 2019; Kamath, y otros, 2014; Sandon, Engström, & Forssblad, 2020; Slater, Wasserman, & Hart, 2019; Webster, 2021). Además, está comprobado que las deportistas femeninas tienen un mayor riesgo de lesión del LCA en comparación con los deportistas masculinos, con una incidencia aproximada de 1 lesión por cada 29 deportistas femeninas, mientras que en los deportistas masculinos, la incidencia es de 1 lesión por cada 50 (Montalvo, y otros, 2019). Esto supone un gran problema en el desarrollo de la carrera profesional deportiva, ya que esta lesión produce periodos de bajas prolongadas (en torno a los 6 meses) y en muchos casos las jugadoras no logran recuperar su nivel previo a la lesión (Bartomeu, y otros, 2019).

Los mecanismos que causan la lesión del LCA son diversos, pero se pueden clasificar en lesiones por contacto directo, contacto indirecto y sin contacto, siendo esta última la más común en los deportistas (Rodríguez, y otros, 2021) pudiendo ser debido a alteraciones cinemáticas (entre otros) tras la caída del salto (aterrizaje) y cambios de dirección (Olsen , Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2004). Se ha sugerido, que el riesgo de lesión del LCA está relacionado con diversos factores cinemáticos que pueden influir en el mecanismo lesional o factores de riesgo. Esta se puede producir por: un mayor momento de aducción de cadera, una abducción de la pierna de apoyo, una rotación interna del pie de apoyo, una rotación del tronco con una rotación interna de cadera, una disminución del desplazamiento de flexión de la rodilla y una flexión ipsilateral de tronco con un valgo de rodilla durante la postura temprana de un aterrizaje a una sola pierna (Kristianslund, Krosshaug, & van den Bogert, 2012; Koga , y otros, 2010; Krosshaug, y otros, 2007).

El bajo rendimiento en los índices cinemáticos (tiempo de reacción simple, la velocidad de procesamiento y el tiempo de reacción complejo) pueden influir en la predisposición a las lesiones en futbolistas femeninas (Swanik, Covassin, Stearne, & Schatz, 2007). Se ha observado que esta baja capacidad neuromuscular está relacionada con un aumento del ángulo de valgo de rodilla y del momento del aterrizaje, lo que puede contribuir a la lesión del LCA (Herman & Barth, 2016).

Se sugiere, que el papel del estímulo neurocognitivo en la evaluación de deporte sería crucial para reducir el riesgo de lesión y mejorar el control neuromuscular, ya que los atletas deben realizar movimientos dinámicos mientras procesan una variedad de estímulos cognitivos, como el análisis del rival, la toma de decisiones, el seguimiento del balón, etc. (Monfort, y otros, 2019). Por ello, el análisis de estos parámetros neurocognitivos asociado a alteraciones biomecánicas/cinemáticas pueden ser relevantes para comprender la relación entre el control neuromuscular y la susceptibilidad a las lesiones en el fútbol femenino (Herman & Barth, 2016; Swanik, Covassin, Stearne, & Schatz, 2007). En este sentido, una nueva tecnología que trabaja el estímulo neurocognitivo visual, mediante luces, (BlazePodTM; Play Coyotta Ltd., Aviv, Israel) ha sido desarrollado con el objetivo de mejorar estas capacidades en los deportistas y reducir el riesgo de lesión (de-Oliveira, Matos, Fernandes, Nascimento, & da Silva-Grigoletto, 2021).

Teniendo esto en cuenta, el presente estudio tiene como objetivo comparar la cinemática postural en relación con una prueba de salto neurocognitiva-visual y una prueba de salto tradicional. Para llevar a cabo esta investigación, se reclutó a un grupo de sujetos y se le sometió a una prueba de salto horizontal unipodal de 6 metros en ambas condiciones, y una prueba de salto vertical unipodal lateral en dos condiciones. La prueba de salto neurocognitiva-visual consistió en una tarea que requirió una integración entre estímulo visual y funciones neurocognitivas específicas antes de realizar el salto, mientras que la prueba de salto tradicional siguió el enfoque convencional de evaluación de la capacidad de salto.

2. MÉTODO

Participantes

Un total de 13 jugadoras de fútbol (Edad: 17 ± 1.21 años; Peso: $57 \text{ kg} \pm 6.1$; Altura: $164 \text{ cm} \pm 5.16$), que tenían una experiencia media de actividad física de 8 años, participaron voluntariamente en este estudio. Todas las participantes competían en la 1ª regional femenina de la FFCV (Federación de Fútbol de la Comunidad Valenciana) del mismo club de fútbol. Todas ellas eran jugadoras de campo. Los criterios de inclusión al estudio fueron los siguientes: (1) haber participado durante las dos semanas anteriores de la temporada de forma regular en las 3 sesiones de entrenamiento por semana (martes, jueves y viernes) con una duración de 90 minutos, sumado al partido de competición el fin de semana durante el periodo competitivo; (2) no haber sufrido ninguna lesión muscular previa durante los 3 meses anteriores a la realización del estudio; (3) no haber sufrido ninguna lesión articular de rodilla durante el último año. Una vez obtenida la autorización del club, las participantes y los responsables legales, en caso de ser menores de edad, fueron informadas sobre el estudio y firmaron un consentimiento informativo para participar voluntariamente en el mismo. Esta investigación se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad (TFM.MRD.VMP.URG.230210).

Procedimiento

Se realizaron 2 test de salto horizontal (single-leg 6 m y lateral hop) con cada una de las extremidades. El estudio tuvo lugar en las instalaciones de entrenamiento del club durante el mes de junio del año 2023 durante el periodo de transición al finalizar la temporada. La sesión de evaluación se llevó a cabo durante la primera sesión de entrenamiento de la semana y la segunda sesión de entrenamiento de la semana. Los test fueron realizados por un único investigador.

Previo a la sesión de evaluación, las jugadoras realizaron un calentamiento estandarizado basado en el FIFA 11 + (Federation Internationale de Football Association), programa de calentamiento dinámico en campo de 15 a 20 minutos (Silvers-Granelli, Bizzini, Arundale, Mandelbaum, & Snyder-Mackler, 2017). La sesión de evaluación constó de dos pruebas de salto en dos condiciones: en una situación tradicional, donde las participantes habían sido informadas previamente con qué pierna debían realizar el test y una situación en respuesta a un estímulo visual, donde una luz de color determinado manejado con una aplicación para Smartphone (BlazePod™) (de-Oliviera, Matos, Fernandez, Nascimento, & da Silva-Grigoletto, 2020) indicaba la pierna de ejecución del test. Las luces fueron configuradas con el lapso mínimo de tiempo (0,5 segundos) permitido por la aplicación tras la señal de comienzo del test. Ambas condiciones fueron contrabalanceadas durante la ejecución de los test, es decir, la mitad de los participantes empezó por la situación tradicional y la otra mitad, en respuesta a un estímulo visual, y viceversa.

Los sujetos fueron instruidos detenidamente sobre las pruebas y realizaron ensayos de familiarización hasta completar dos pruebas correctamente ejecutadas de forma consecutiva a intensidad submáxima. Cada jugadora completó correctamente tres repeticiones de cada test con cada pierna, es decir, un total de 6 repeticiones por test, con un tiempo de descanso de 45 segundos entre repeticiones del test. Se utilizó el mejor valor para el cálculo estadístico.

Salto horizontal de 6 metros de forma unipodal (Single-leg 6m hop):

Para la prueba de single-leg 6 m hop se utilizó una cámara réflex modelo Panasonic DMC-FZ 200 para registrar los movimientos durante las dos condiciones de salto. Además, se utilizaron dos fotocélulas para medir el tiempo de la prueba. La tecnología BlazePod™ (Play Coyotta Ltd., Aviv, Israel) se utilizó para la realización de los saltos neurocognitiva-visual. Se empleó una cinta métrica para establecer puntos de referencias, y se marcaron las ubicaciones con conos para ser más precisos. Los 3 trípodes se utilizaron para colocar la cámara y las fotocélulas en posiciones adecuadas. Se utilizó un cronómetro para medir los tiempos durante la prueba de single-leg 6 m, y se proporcionó una hoja de registro para registrar todos los datos relevantes durante las pruebas.

El test Single-leg 6 m hop consiste en que el sujeto debe recorrer una distancia de 6 metros utilizando solamente una pierna (unipodal) lo más rápido posible. Durante el test, el sujeto debe mantener las manos en la cintura y dar pasos firmes mientras se desplaza (Bolgia & Keskula, 1997; Greenberger & Paterno, 1995; Noyes, Barber, & Mangine, 1991; Barber, Noyes, Mangine, McCloskey, & Hartman, 1990). Para ello, se estableció un recorrido de 6 metros y 30 centímetros de longitud. En este recorrido, se colocó una fotocélula en el punto inicial, es decir, en los primeros 30 centímetros del trayecto. A continuación, a los 6 metros y 30 centímetros del inicio, se colocó una segunda fotocélula, que marcaba el final del recorrido. Para registrar el movimiento de los participantes durante el recorrido, se ubicó una cámara a una distancia de 3 metros desde la posición de la segunda fotocélula. Esta cámara se utilizó para capturar las secuencias de movimiento mientras los participantes realizaban el trayecto de 6 metros y 30 centímetros entre las dos fotocélulas.

Para el test en situación tradicional, el sujeto se colocó en el punto de inicio con ambas piernas apoyadas, y a una distancia de 30 centímetros de la primera fotocélula. Una vez que el sujeto estuviera listo debía intentar completar los 6 metros lo más rápido posible utilizando solo una pierna como se muestra en la *Figura 1*. Para analizar los valores del estudio utilizamos los valores más rápidos (Millikan, R. Grooms, Hoffman, & E. Simon, 2019).

Una vez que el sujeto completara las tres repeticiones con una pierna (es decir, ha realizado el test tres veces con la misma pierna), procedió a realizar las tres repeticiones restantes con la otra pierna. De esta manera, se evaluó el rendimiento del sujeto en ambas piernas por igual. Una vez se completarán las seis repeticiones, la prueba continuó con una nueva situación, que implicó una componente reactiva.

En la situación reactiva, también se realizaron tres repeticiones con cada pierna al igual que en la situación tradicional. Sin embargo, en esta fase del test, se introdujo una condición neurocognitiva para evaluar la respuesta y adaptación del sujeto ante estímulos adicionales.

Para esta fase, se colocó una BlazePod™ a una distancia de dos metros del final. La BlazePod™ se encendió de manera aleatoria con un color específico: verde para la pierna izquierda y rojo para la pierna derecha. Cuando la luz se encendiera, el investigador pasó la mano por la fotocélula para que el cronómetro comenzara a correr así garantizar una medición precisa del tiempo de reacción del sujeto. Cuando se encendiera la luz de un color específico (verde o rojo), el sujeto debió responder rápidamente y utilizar la pierna correspondiente al color de la luz para realizar el recorrido de seis metros lo más

rápido posible. Esta secuencia se repitió durante seis repeticiones (tres con cada pierna) (Millikan, R. Grooms, Hoffman, & E. Simon, 2019), como se muestra en *Figura 2*.



Figura 2. Ilustración de la prueba de single-leg 6m hop en situación tradicional, en la cual se detallan las distancias que deben recorrer los sujetos del estudio y los diferentes puntos de medición a lo largo de esas distancias.



Figura 1. Ilustración de la prueba de single-leg 6m hop en situación reactiva, en la cual se detallan las distancias que deben recorrer los sujetos del estudio y los diferentes puntos de medición a lo largo de esas distancias, además a 2 metros de la fotocélula del final se colocó la tecnología BlazePod™.

Para realizar el análisis de datos, en el caso del single-leg 6 m hop, se tomaron en cuenta dos variables: la inclinación lateral del tronco y el desplazamiento medial de la rodilla. En el análisis de las variables, se utilizaron puntos de referencia específicos para realizar las mediciones.

Para estudiar la inclinación lateral del tronco, se tomaron dos puntos de referencia: la parte superior del esternón (manubrio) y la línea media de la cadera respecto al suelo, considerando como referencia las espinas ilíacas.

Para medir el desplazamiento medial de la rodilla, se utilizaron tres puntos de referencia: el centro articular estimado de la rodilla, la espina iliaca del lado de la pierna que está en contacto con el suelo y el centro articular del tobillo de la pierna en contacto con el suelo.

Salto horizontal lateral (lateral hop test):

Para la prueba de lateral hop test se utilizó la misma cámara réflex modelo Panasonic DMC-FZ 200 para registrar los movimientos durante las pruebas de salto. Se utilizaron vallas de altura mínima para establecer una referencia de altura. La tecnología BlazePod™ (Play Coyotta Ltd., Aviv, Israel) se utilizó para la realización de los saltos

neurocognitiva-visual. Se empleó una cinta métrica para establecer puntos de referencias. Además, se utilizaron recuadros de goma de 160 centímetros cuadrados para que las participantes realizaran los saltos dentro de un área específica. Un único trípode se utilizó para colocar la cámara, y se proporcionó una hoja de registro para registrar todos los datos relevantes durante las pruebas.

El lateral hop test consiste en que el sujeto debe de saltar lateralmente hacia uno de los recuadros a una distancia igual a la mitad de la altura de cada participante, que tiene a ambos lados superando la valla, aterrizando dentro del recuadro correspondiente, con el pie específico indicado. Para ello, el sujeto comenzó el test desde el centro de la zona de evaluación. A ambos lados del sujeto, se colocaron dos recuadros, cada uno a una distancia diferente desde el punto de inicio. Además de los recuadros, también se colocaron dos vallas pequeñas a ambos lados del sujeto como condicionante para que el salto fuese vertical. Para registrar la caída de los participantes posterior al salto, se ubicó una cámara a una distancia de 3 metros desde la posición del sujeto.

En ambas situaciones, se motivó al sujeto a que realizara los saltos lo más alto posible. Se realizaron tres repeticiones de los saltos con una pierna, y luego se repitió el mismo proceso con la otra pierna.

Si durante el procedimiento del test los sujetos no aterrizaban de manera adecuada, es decir, si la pierna que no debía aterrizar tocaba el suelo o si se producía un salto adicional durante el aterrizaje, esos saltos eran considerados no válidos. En tales casos, el procedimiento del test se repitió hasta que el participante fue capaz de realizar con éxito 3 saltos válidos (Reis, Birmingham, Stratford, Alcorck, & Griffin).

En el test en situación tradicional se le dijo al sujeto previamente con que pierna debía caer. El sujeto partió de inicio con las dos piernas apoyadas, y procedió a saltar tomando impulso con ambas piernas y caer en el recuadro del lado indicado con la pierna indicada como se muestra en la *Figura 3*. y así hasta hacer 3 repeticiones con cada pierna

El test en situación reactiva, el sujeto partió de inicio con las dos piernas apoyadas. Se le colocó el estímulo visual condicionante (BlazePod™) en frente del sujeto a metro y medio. La BlazePod™ se encendió de manera aleatoria con un color específico: verde para la pierna izquierda y rojo para la pierna derecha, cuando la luz se encendiera, el sujeto debía saltar tomando impulso con ambas piernas y caer dentro del respectivo cuadrado con la pierna indicada como se muestra en la *Figura 4*.

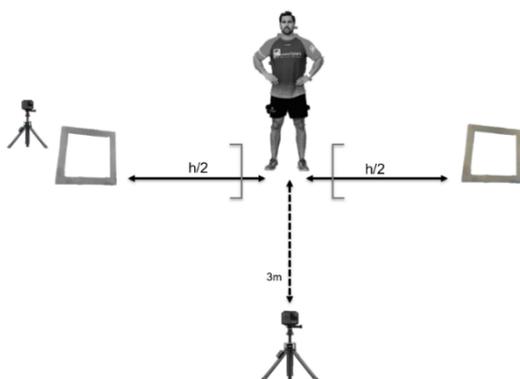


Figura 4. Ilustración del lateral hop test en situación tradicional, en la cual se detallan las distancias que deben saltar los sujetos del estudio y los diferentes puntos de medición a lo largo de esas distancias.

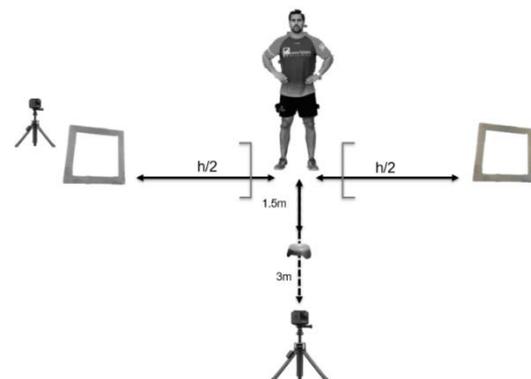


Figura 3. Ilustración del lateral hop test en situación reactiva, en la cual se detallan las distancias que deben saltar los sujetos del estudio y los diferentes puntos de medición a lo largo de esas distancias, además a 1.5 metros del sujeto se colocó la tecnología BlazePod™.

En el caso del lateral hop test, se tomaron en cuenta 3 variables: la inclinación lateral del tronco, el desplazamiento medial de la rodilla y el posicionamiento del pie respecto a la línea media. En el análisis de las variables, se utilizaron puntos de referencia específicos para realizar las mediciones.

Para estudiar la inclinación lateral del tronco, se tomaron dos puntos de referencia: la parte superior del esternón (manubrio) y la línea media de la cadera respecto al suelo, considerando como referencia las espinas iliacas.

Para medir el desplazamiento medial de la rodilla, se utilizaron tres puntos de referencia: el centro articular estimado de la rodilla, la espina iliaca del lado de la pierna que está en contacto con el suelo y el centro articular del tobillo de la pierna en contacto con el suelo.

Para analizar el posicionamiento del pie respecto a la línea media del cuerpo, se trazó una línea vertical perpendicular al suelo desde la línea media de la cadera, tomando como referencia las espinas iliacas, hasta el suelo. A continuación, se midió la distancia desde esta línea hasta el centro estimado del pie de apoyo en el contacto inicial durante el aterrizaje.

Análisis Estadístico

Para el cálculo estadístico descriptivo se utilizó el software estadístico SPSS 25 (Statistical Package for the Social Sciences). La distribución de normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Para las distribuciones normales se utilizaron las pruebas paramétricas (t-test) para comparar las medias de las distintas condiciones de evaluación recogidas, tanto en la situación tradicional como en la situación reactiva.

Los resultados de todas las pruebas realizadas con un valor de p superior a 0.05 se consideraron no significativos ($p < 0.05$); valores de p igual o inferiores a 0.05 se consideraron significativos ($p \geq 0.05$; *); y valores de p inferiores a 0.01 muy significativo ($p \geq 0.01$; **).

Bibliografía

- Barber , S. D., Noyes, F. R., Mangine, R. E., McCloskey, J. W., & Hartman, W. (1990). Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clin Orthop Relat Res*(255), 204-214.
- Bartomeu, J., Bocanegra, J., Redondo, G., Alcover, E., Pascual, J., & Llavador, L. (2019). ¿Podrían prevenirse las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas? KneeMotion, nueva herramienta IBV para la valoración funcional de la rodilla. *Instituto de Biomecánica (IBV)*.
- Bolgia, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther*, 26(3), 138-142. doi:10.2519/jospt.1997.26.3.138
- Calahorra, F., Torres-Luque, G., Lara, A., & Zagalaz, M. (2011). Parámetros relacionados con la preparación física del futbolista de competición. *Journal of sport and health research*, 3(2), 113-128.
- de-Oliveira, L., Matos, M., Fernandes, I., Nascimento, D., & da Silva-Grigoletto, M. (2021). Test-Retest Reliability of a Visual-Cognitive Technology (BlazePod™) to Measure Response Time. *J Sports Sci Med*, 20(1), 179-180. doi:10.52082/jssm.2021.179
- de-Oliviera, L. A., Matos, M. V., Fernandez, I. G., Nascimento, D. A., & da Silva-Grigoletto, M. E. (2020). Test-Retest Reliability of a Visual-Cognitive Technology (BlazePod™) to Measure Response Time. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19, 179-180. doi:https://doi.org/10.52082/jssm.2021.179
- Ekstrand, J., Hagglund, M., & Walden, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232. doi:10.1177/0363546510395879
- Fahmy, M. (2011, July 15). *Increased participation and competitions*. In: *5th FIFA Women's Football Symposium*.
- Fältström, A., Kvist, J., Grauffin, H., & Hägglund, M. (2019). Female Soccer Players With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Have a Higher Risk of New Knee Injuries and Quit Soccer to a Higher Degree Than Knee-Healthy Controls. *Am J Sports Med*, 47(1), 31-40. doi:10.1177/0363546518808006
- FIFA. (2019). *Women's Football MA's Survey Report*.
- Greenberger, H. B., & Paterno, M. V. (1995). Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *J Orthop Sports Phys Ther*, 22(5), 202-206. doi:10.2519/jospt.1995.22.5.202
- Herman , D., & Barth, J. (2016). Drop-Jump Landing Varies With Baseline Neurocognition: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk and Prevention. *Am J Sports Med*, 44(9), 2347-2353. doi:10.1177/0363546516657338
- Jagim, A., Murphy, J., Schaefer, A., Askow, A., Luedke, J., Erickson, J., & Jones, M. (2020). Match Demands of Women's Collegiate Soccer. *Sports*, 8(6), 87. doi:10.3390/sports8060087
- Kamath, G. V., Murphy, T., Creighton, R. A., Viradia, N., Taft, T. N., & Spang, J. T. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injury, Return to Play, and Reinjury in the Elite Collegiate Athlete: Analysis of an NCAA Division I Cohort. *Am J Sports Med*, 42(7), 1638-1643. doi:10.1177/0363546514524164

- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., . . . Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med*, 38(11), 2218-2225. doi:10.1177/0363546510373570
- Kolokotsios, S., Drousia, G., Koukoulithras, I., & Plexaousakis, M. (2021, Aug. 16). Ankle Injuries in Soccer Players: A Narrative Review. *Cureus*, 13(8). doi:10.7759/cureus.17228
- Kristianslund, E., Krosshaug, T., & van den Bogert, A. J. (2012). Effect of low pass filtering on joint moments from inverse dynamics: Implications for injury prevention. *Journal of Biomechanics*, 45(4), 666-671. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.12.011
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J., . . . Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*, 35(3), 359-367. doi:10.1177/0363546506293899
- León Ariza, H. H., Sanchez Jiménez, A., & Ramirez Villada, J. F. (2011). Demandas fisiológicas y psicológicas en el fútbol. *CUERPO, CULTURA Y MOVIMIENTO*, 1(2), pp. 41-55.
- López-Valenciano, A., Raya-González, J., Garcia-Gómez, J. A., Aparicio-Sarmiento, A., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Ayala, F. (2021). Injury Profile in Women's Football: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 51(3), 423-442. doi:10.1007/s40279-020-01401-w
- López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., Garcia-Gómez, A., Vera-Garcia, F. J., De Ste Croix, M., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 54(12), 711-718. doi:10.1136/bjsports-2018-099577
- Millikan, N., Grooms, D. R., Hoffman, B., & Simon, J. E. (2018). The Development and Reliability of Four Clinical Neurocognitive Single-leg Hop Tests: Implications for Return to Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(5), 536-544. doi:10.1123/jsr.2018-0037
- Millikan, N., R. Grooms, D., Hoffman, B., & E. Simon, J. (2019). The Development and Reliability of 4 Clinical Neurocognitive Single-Leg Hop Tests: Implications for Return to Activity Decision-Making. *Journal of Sport Rehabil*, 28(5), 536-544. doi:DOI: 10.1123/jsr.2018-0037
- Monfort, S., Pradarelli, J., Grooms, D., Hutchinson, K., Onate, J., & Chaudhari, A. (2019). Visual-Spatial Memory Deficits Are Related to Increased Knee Valgus Angle During a Sport-Specific Sidestep Cut. *Am J Sports Med*, 47(6), 1488-1495. doi:10.1177/0363546519834544
- Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Yut, L., Webster, K. E., Beynon, B., Kocher, M. S., & Myer, G. D. (2019). "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 53(16), 1003-1012. doi:10.1136/bjsports-2016-096274
- Noyes, F. R., Barber, S. D., & Mangine, R. E. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*, 19(5), 513-518. doi:10.1177/036354659101900518
- Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med*, 32(4), 1002-1012. doi:10.1177/0363546503261724

- Reis, A., Birmingham, T., Stratford, P., Alcorck, G., & Griffin, J. (n.d.). Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther*, 87, 337-349. doi:10.2522/ptj.20060143
- Rodríguez, K., Soni, M., Joshi, P., Patel, S., Shreya, D., Zamora, D., . . . Sange, I. (2021, Dec 6). Anterior Cruciate Ligament Injury: Conservative Versus Surgical Treatment. *Cureus*, 13(12). doi:10.7759/cureus.20206
- Ross, J., Skorski, S., Hecksteden, A., Pfeifer, C., Bradley, P., Schulze, E., & Meyer, T. (2021). Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: influence on various physical performance outputs. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 97-104. doi:10.1080/24733938.2020.1802057
- Sandon, A., Engström, B., & Forssblad, M. (2020). High Risk of Further Anterior Cruciate Ligament Injury in a 10-Year Follow-up Study of Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Soccer Players in the Swedish National Knee Ligament Registry. *Arthroscopy*, 36(1), 198-195. doi:10.1016/j.arthro.2019.05.052
- Scott, D., Haight, J., & Lovell, R. (2020). Physical characteristics and match performances in women's international versus domestic-level football players: A 2-year, league-wide study. *Science and Medicine in Football*, 4(3), 211-215. doi:10.1080/24733938.2020.1745265
- Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, M., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. (2017). Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players? *Clin Orthop Relat Res*, 475(10), 2447-2455. doi:10.1007/s11999-017-5342-5
- Slater, L. V., Wasserman, E. B., & Hart, J. M. (2019). Trends in Recurrent Anterior Cruciate Ligament Injuries Differ From New Anterior Cruciate Ligament Injuries in College and High School Sports: 2009-2010 Through 2016-2017. 7(11). doi:10.1177/2325967119883867
- Swanik, C., Covassin, T., Stearne, D., & Schatz, P. (2007). The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*, 35(6), 943-948. doi:10.1177/0363546507299532
- Szymiski, D., Krutsch, V., Achenbach, L., Gerling, S., Preifer, C., Alt, V., . . . Loose, O. (2022). Epidemiological analysis of injury occurrence and current prevention strategies on international amateur football level during the UEFA Regions Cup 2019. *Arch Orthop Trauma Surg*, 142(2), 271-280. doi:10.1007/s00402-021-03861-9
- Vescovi, J., Fernandes, E., & Klas, A. (2021, Apr 16). Physical Demands of Women's Soccer Matches: A Perspective Across the Developmental Spectrum. *Front Sports Act Living*. doi:10.3389/fspor.2021.634696
- Webster, K. E. (2021). Return to Sport and Reinjury Rates in Elite Female Athletes After Anterior Cruciate Ligament Rupture. *Sports Med*, 51(4), 653-660. doi:10.1007/s40279-020-01404-7