



CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDICINA Y CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE, 5,6 Julio 2022, Armenia, Quindío (Colombia)

Las Claves de la biomecánica aplicada al fútbol

Enrique Navarro. Universidad Politécnica de Madrid.

¿Cómo puede ayudar la Biomecánica en la mejora del rendimiento y en la prevención y recuperación de lesiones en el fútbol?

El rendimiento de un jugador depende de muchos factores como son el nivel de técnica deportiva, la condición física, el rendimiento colectivo y el factor psicológico. Estos factores solo se pueden desarrollar si el jugador está sano y no sufre lesiones. En definitiva, rendimiento deportivo y prevención de lesiones van indefectiblemente unidos. Tampoco podemos olvidar otro elemento fundamental que es la rehabilitación y la recuperación de lesiones (Askling, Tengvar, & Thorstensson, 2013; Brukner, 2015; Brukner et al., 2014; Navandar, Veiga, Torres, Chorro, & Navarro, 2018). Para conseguir un buen rendimiento es necesario un buen plan de entrenamientos. El entrenamiento debe entenderse de forma global, es decir debe de integrar: 1) la mejora del rendimiento (entrenamiento técnico, entrenamiento de la técnica colectiva, preparación física, preparación psicológica) 2) la prevención de lesiones, 3) predicción de lesiones, 4) rehabilitación de lesiones y 5) la recuperación y vuelta a la competición of “return to play” (Brukner, 2015).

Actualmente, las herramientas de análisis biomecánico permiten analizar los movimientos articulares, las fuerzas aplicadas y la activación muscular de forma precisa y muy poco invasiva. El laboratorio de biomecánica de la Universidad Politécnica de Madrid se encuentra ubicado en la planta baja de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte -INEF_ tiene una superficie de 300 m². Dispone de 2 áreas de Registro de Datos y una zona central para el personal; la altura del techo es de 5 metros. La zona 1 de Registro de Datos tiene unas dimensiones de 20 x 5 m con dos fosos para instalación de plataformas de fuerza. La Zona 2 de Registro de Datos tiene 12 x 5 m con un foso para instalación de plataformas de fuerza (Figura 1).



Figura 1. Laboratorio de Biomecánica de la Universidad Politécnica de Madrid

Cuenta con las siguientes herramientas:

- 1) Sistema de Captura Automática del Movimiento en 3D VICON. 6 cámaras de video de alta Velocidad (hasta 1000 Hz).
- 2) Plataformas Dinamométricas. Se dispone de 2 plataformas de la marca Kistler de tipo piezoeléctrico que permiten la medida de las fuerzas de reacción en el apoyo en las tres direcciones del espacio a frecuencias de hasta 1000 Hz.³
- 3) Sistema de Electromiografía y Acelerómetros inalámbrico. Sistema de EMG inalámbrico para el registro de la actividad muscular consistente en 16 electrodos de superficie y una tarjeta de adquisición de datos con el software de tratamiento correspondiente.
- 4) Sistema de Fotogrametría Vídeo 2D-3D. Es un sistema propio que permite la obtención de las coordenadas 2D y 3D de puntos del cuerpo a partir de imágenes de vídeo.

La biomecánica puede ayudar en el proceso de mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol mediante la investigación y la aplicación o transferencia de resultados a los propios jugadores de fútbol. La importancia de la biomecánica aplicada al rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol es fácilmente demostrable. Basta con visitar cualquier base de datos y buscar información sobre biomecánica de los golpes de balón (Lees, et al. 2010, Navandar et al 2018), biomecánica de la carrera y su relación con la lesión de isquiotibiales (Navarro et al., 2015), valoración de la fuerza explosiva mediante el salto vertical (Caldwell and Peters, 2009, Casajus, 2001), Factores de riesgo de lesiones musculares y articulares asociadas a los desequilibrios de fuerza muscular (Navarro et al., 2015), programas de prevención y rehabilitación de lesiones (Askling, Tengvar, & Thorstensson, 2013; Brukner, 2015; Brukner et al., 2014). El análisis biomecánico es cada vez más utilizado por entrenadores, preparadores



físicos, médicos deportivos, fisioterapeutas y recuperadores (referencias). Cada vez más existen clubs que utilizan herramientas como los sistemas de captura, las plataformas de fuerzas, las plataformas de contacto, la electromiografía, acelerómetros o sensores inerciales. La cuestión es ¿Es posible integrar el Análisis Biomecánico dentro del proceso de entrenamiento? La respuesta es si pero la implantación no es fácil. Hay dos opciones: 1) El equipo crea su propio laboratorio de biomecánica a la medida de sus intereses incorporando personal con experiencia en el ámbito del análisis biomecánico y 2) El equipo contrata externamente los servicios de un laboratorio de biomecánica.

¿Cómo puede la biomecánica mejorar el rendimiento técnico de un jugador y simultáneamente prevenir las lesiones?

Desde mi punto de vista, el factor más importante y por consiguiente el que más influye en el rendimiento del jugador y del equipo, es la técnica individual. Pensemos en una jugada que nace de un buen planteamiento estratégico y táctico donde un jugador tiene que realizar un pase largo hacia el último jugador que tendrá que ejecutar el tiro a gol. El éxito de esta jugada dependerá principalmente de la calidad de la técnica de golpeo del jugador que realiza el último pase y de la calidad del golpeo con el pie o con la cabeza del jugador que realiza el disparo a puerta. Por otro lado, sabemos (Bartlett, 1999) que una buena técnica es sinónimo de un menor riesgo de lesión. Tener una buena técnica de carrera, sprint, saltos, cambios de dirección, golpes de cabeza y golpes con el pie reduce muy considerablemente el riesgo de lesión (Bartlett, 1999). Finalmente, hay que recordar que la Biomecánica es la ciencia del deporte que estudia la técnica deportiva, es decir es la ciencia que nos dice cómo mejorar la eficacia mecánica de nuestros movimientos, pero siempre desde la perspectiva de la prevención de lesiones. Si la técnica incrementa el riesgo de lesión, no es una buena técnica (Bartlett, 1999).

El entrenamiento de la técnica del futbolista es fundamental para el rendimiento del equipo. De todas las destrezas que realiza el jugador hay dos que tienen una importancia especial: el golpeo de balón y la carrera. Mientras que una buena técnica de golpeo es vital a la hora de realizar un pase o tirar a puerta (Mitrotasios & Armatas, 2014), la técnica de carrera es vital de cara a la prevención de lesiones. Es conocido que la lesión de isquiotibiales se produce generalmente durante la fase de balanceo de la pierna en carrera de velocidad o sprint (Woods et al. 2004). La biomecánica tiene herramientas muy potentes para el análisis del golpeo y de la carrera. Nos referimos principalmente a técnicas basadas en el análisis de imágenes de vídeo.



Desafortunadamente hoy en día las técnicas instrumentales basadas en la captura del movimiento 3D (Sistema Vicon; referencia) son muy caras y requieren de personal especializado. Por el otro lado el tiempo de amortización de este tipo de sistemas están por encima de los 10 años.

Un ejemplo real de colaboración entre un equipo de fútbol y un laboratorio de biomecánica externo es el que produjo en la temporada 2015-16 entre el Atlético de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid mediante el cual alrededor de 40 jugadores juveniles pasaron por el laboratorio de biomecánica para realizarse test golpeo de balón, carrera y equilibrio muscular mediante electromiografía de superficie. Fue un claro ejemplo de Investigación (Torres, et al. 2020. Torres et al. 2021) y Aplicación. A continuación, presentaremos los resultados de dicha colaboración.

Golpeo de balón. La herramienta de referencia para el análisis del golpeo es el sistema de captura del movimiento mediante marcadores reflectantes. En este caso se utilizó un sistema Vicon con 6 cámaras de infrarrojos operando a 250 imágenes/s, simultáneamente se registraron las fuerzas de reacción mediante dos plataformas Kistler colocadas debajo del césped artificial. El sujeto llevaba 24 marcadores reflectantes pegados al cuerpo y realizaba los golpesos con sus propias botas sobre césped artificial homologado.

El criterio de eficacia del golpeo de balón es que el balón llegue a la máxima velocidad posible a un punto determinado de la portería. Para ello el balón debe describir una determinada trayectoria que depende principalmente del vector velocidad del balón y del spin o rotación del balón. Lógicamente eso depende de la velocidad del pie en el instante del contacto del balón y de las fuerzas aplicadas durante el impacto (Navandar et al. 2018). La calidad del impacto es fundamental y depende principalmente de la superficie de contacto del pie y de la transmisión de fuerzas entre el pie y el balón. Debe tenerse en cuenta que un giro en back spin hacer subir al balón haciendo su trayectoria más alta mientras que top spin hace justamente lo contrario mientras que un giro respecto a un eje vertical mueve el balón lateralmente (rosca). A su vez para alcanzar una elevada velocidad del pie en el instante del contacto debe producirse una secuencia de movimiento de proximal a distal donde los segmentos más proximales alcanzan su máximo de velocidad antes que los más distales (Navandar et al. 2018; Juarez et al. 2011). Dentro de esta secuencia de movimientos adquiere gran importancia la transmisión de velocidad del muslo a la pierna donde juega un papel primordial la acumulación de energía elástica en el cuádriceps durante el movimiento que llamamos “cocking”. Durante este movimiento la cadera se flexiona mientras que la rodilla también se flexiona alcanzando ésta su máxima velocidad. En la figura 2 se muestran la

secuencia de velocidades lineales promedio de la cadera, rodilla y extremo del pie de la pierna de golpeo de los jugadores analizados. Se observa que al final de la fase previa o “coacking” la rodilla alcanza velocidades de 35.9 km/h llegando el pie a 50.2 km/h.

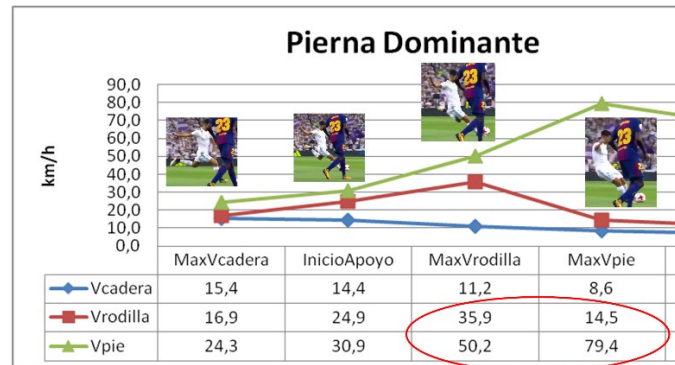


Figura 2. Velocidades promedio de cadera, rodilla y punta del pie de la pierna dominante de una muestra de jugadores profesionales juniors.

La acumulación de energía elástica del cuádriceps durante la fase previa produce una elevada velocidad de extensión de la rodilla que se traduce en un gran aumento de la velocidad del pie y en una disminución de la velocidad lineal de la rodilla. Obsérvese que el pie aumenta su velocidad en 29.2 km/h mientras que la rodilla disminuye en 21.4 km/h. Es decir, lo que pierde la rodilla lo gana el pie (Navandar et al. 2018). Se ha obtenido que una correlación de $r = -0.62$ ($p < 0.005$) que muestra que cuanto más decrece la velocidad de la rodilla mayor es la velocidad de salida del balón y que cuanto más aumenta la velocidad del pie desde el instante de máxima velocidad de la rodilla mayor es la velocidad de salida del balón pie ($\rho = 0.62$, $p < 0.05$).

¿Cómo puede la biomecánica prevenir una lesión muscular?

Las lesiones musculares suponen aproximadamente un tercio de todas las lesiones que sufren los jugadores de fútbol siendo la lesión de isquiotibiales la que tiene mayor incidencia con un 12% (Navarro et al. 2015). Uno de los principales factores de riesgo de esta lesión es el desequilibrio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps (Croisier et al. 2008). El ratio isquiotibiales/cuádriceps según la literatura existente se ha medido mayoritariamente con máquinas isocinéticas existiendo datos que apuntan a que ratio por debajo de 0.5 son indicativos de una mayor riesgo de lesión (Croisier et al. 2008). La electromiografía de superficie es una alternativa buena para la valoración del equilibrio muscular (Navarro, 2020).

Finalmente hay que mencionar, el aspecto de transferencia de resultados del proyecto de colaboración entre la cantera del ATM y la Universidad Politécnica de Madrid. En efecto se entregaron informes de los jugadores analizados, tanto del golpeo de balón, como de la carrera y del equilibrio muscular Isquiotibiales:cuadriceps. Estos informes

fueron discutidos con los servicios médicos y con los entrenadores de forma que pudieron servir como referencia de cara a la mejora del rendimiento y a la prevención de lesiones.

En otro orden de cosas y dentro de la línea de prevención de la lesión de isquiotibiales, el grupo de Análisis Biomecánico de la UPM está desarrollando un sistema de análisis del sprint basado en la grabación con una cámara de vídeo. Pretende ser un sistema que pueda ser utilizado por los entrenadores en el campo de entrenamiento de forma sencilla que reporte información sobre los ángulos y velocidades angulares de cadera, rodilla y tobillo.

¿Cómo puede la biomecánica valorar la fuerza explosiva del miembro inferior?

Una de las cualidades físicas básicas del futbolista es sin lugar a dudas la fuerza explosiva el miembro inferior, necesaria para los saltos, los cambios de dirección, el sprint y el golpeo (Juarez, et al. 2011). Se han observado cambios en la capacidad del salto a lo largo de la temporada (Caldwell & Peters, 2009) que pueden ser tenidos en cuenta de cara al rendimiento del futbolista. Así mismo, se ha observado que las asimetrías bilaterales son un factor de riesgo de lesión (Horst et al., 2016; Croisier et al. 2008). Es lógico, por tanto, que la valoración de la capacidad de salto sea una de las claves de la biomecánica aplicada al fútbol. La herramienta de referencia para valorar el salto es la Plataforma dinamométrica, Como veremos a continuación si disponemos de un sistema dual de plataformas dinamométricas se podrán medir las diferencias bilaterales del miembro inferior (Fueyo, A and Navarro, E. 2020).

Una plataforma dinamométrica (Figura 3) registra las fuerzas aplicadas por el sujeto contra el suelo en las tres direcciones del espacio (vertical, mediolateral y anteroposterior) además de la posición del punto de aplicación o centro de presión.



Figura 3. Plataforma dinamométrica. A: esquema registro de fuerzas, B. Soldado de la primera guerra mundial sobre una plataforma de fuerzas, C. Plataforma de fuerzas portátil especial para la medida del salto vertical.



Una plataforma de fuerza registra las fuerzas aplicadas entre el pie y el suelo lo que permite medir de forma exacta la altura del salto o desplazamiento del centro de masas desde que despegamos el sujeto hasta la altura máxima.

Existen sistemas para la valoración de la capacidad de salto basados en la estimación del tiempo de vuelo, son las denominadas plataformas de contacto. No debemos confundir una plataforma de fuerza con una plataforma de contacto. Las plataformas de contacto la altura del salto bajo desde el tiempo de vuelo estableciendo como criterio necesario que la altura del centro de masas en el despegue y en el aterrizaje sean iguales lo que no tiene porque ser necesariamente cierto. El gran inconveniente de las plataformas de contacto es que no miden las fuerzas de reacción y por tanto no pueden registrar de forma precisa la potencia del salto en vatios.

A la hora de valorar la capacidad de salto de forma precisa se recomienda la utilización de dos plataformas dinamométricas de forma que podamos analizar las diferencias bilaterales. Es recomendable incluir en las pruebas siempre un squat jump (SJ) o salto desde flexión con manos en las caderas y un salto con contramovimiento (CMJ). Lo importante es poder registrar el perfil de fuerza lo que permite valorar el crecimiento de la fuerza respecto del tiempo o gradiente de fuerza que es la variable más claramente relacionada con la potencia del salto (Robertson et al. 2004). Desde la curva de fuerza tiempo se calculan los impulsos de flexión y extensión, los valores de fuerza máxima, la potencia mecánica y en última instancia la altura del salto.

A continuación, se van a presentar los resultados de un estudio realizado durante el año 2018 con un equipo de tercera división y que formará parte de la tesis doctoral de Aaron Fueyo (Recuperador del primer equipo del AD Alcorcón de la recién terminada temporada 2021-22). Se trata de un estudio de tipo longitudinal de cohortes prospectivo donde 14 jugadores fueron seguidos realizando un test en octubre y un segundo test en enero. Los jugadores fueron divididos en dos grupos según hubiesen sufrido una lesión que les obligara a estar de baja deportiva más de 15 días. Finalmente se formaron dos grupos de 9 jugadores sin lesión y 5 con lesión. El objetivo era medir el efecto de la pérdida de entrenamiento sobre la capacidad de salto y la activación muscular durante una sentadilla búlgara y un "Straight knee bridge" modificado. Nuestros resultados muestran que el CMJ aumentó de forma no significativa entre el primer y el segundo test en los no lesionados, pero disminuyó en el grupo de lesionados. Esto concuerda con los obtenidos por Casajus (2001). Sin embargo, Caldwell and Peters (2009) analizaron a 13 jugadores semiprofesionales a lo largo de 12 meses aplicando la prueba cada dos meses aproximadamente y encontraron que la altura del salto mejoraba desde el inicio de la temporada hasta la mitad de la misma. Un resultado interesante es la disminución

significativa de la fuerza máxima en todos los jugadores (lesionados y no lesionados) en el SJ entre el primer test al principio de la temporada y el segundo ($F_{1,11}=7,97$, $p=0,017$, η^2 parcial = 0,420) (figura 4). Otro resultado relevante, es que diferencias encontradas entre jugadores que han sufrido lesión y los que no en las diferencias bilaterales de máxima fuerza en CMJ entre los miembros inferiores ($F_{1,11}=8,201$, $p=0,015$, η^2 parcial = 0,427). Estos resultados muestran la importancia de realizar un seguimiento de la capacidad de salto mediante plataformas de fuerza de forma individualizada de los jugadores de un equipo a lo largo de la temporada poniendo especial interés en las diferencias bilaterales.



Resultados saltos

Variable	No lesión (n=9)		Lesión (n=4)	
	PRE-MID	MID-END	PRE-MID	MID-END
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Altura CMJ (m)	0,39 ± 0,07	0,41 ± 0,05	0,38 ± 0,07	0,35 ± 0,05
Máx. Fuerza CMJ (N/P)	2,63 ± 0,20	2,63 ± 0,14	2,61 ± 0,19	2,56 ± 0,14
Máx. Potencia CMJ (W/kg)	57,36 ± 6,44	58,26 ± 5,76	56,45 ± 6,44	53,76 ± 5,76
LR Fuerza CMJ (%)	99,40 ± 4,22	96,97 ± 4,57	90,93 ± 4,22	90,96 ± 4,57
LR Potencia CMJ (%)	98,19 ± 1,62	99,01 ± 2,92	97,09 ± 4,85	97,21 ± 2,92
Altura SJ (m)	0,34 ± 0,04	0,35 ± 0,05	0,29 ± 0,04	0,024 ± 0,05
Max. Fuerza SJ (N/P)	2,82 ± 0,25	2,67 ± 0,20	2,66 ± 0,25	2,53 ± 0,20
Max. Potencia SJ (W/kg)	58,04 ± 5,44	56,93 ± 5,95	51,78 ± 5,44	52,62 ± 5,95
LR Fuerza SJ (%)	97,88 ± 3,27	96,45 ± 3,87	95,94 ± 3,27	91,89 ± 3,87
LR Potencia SJ (%)	99,25 ± 6,02	95,97 ± 4,71	100,5 ± 6,02	98,46 ± 4,71

Figura 4. Resultados de tests de salto vertical. PRE-MID (test inicial en octubre), MID-END. (test final en Enero). CMJ (salto con contramovimiento), SJ (squat jump). Max. Fuerza CMJ (N/P) (fuerza máxima dividido por el peso del sujeto en Newtons). Max. Potencia CMJ (W/kg) (máxima potencia en Watios dividido por la masa del sujeto en Kg). LR Fuerza CMJ (%) (valor absoluto de la fuerza máxima pierna derecha dividido por la fuerza máxima de la fuerza izquierda multiplicado por 100). LR Potencia CMJ(%) (valor absoluto de la fuerza máxima pierna derecha dividido por la fuerza máxima de la fuerza izquierda multiplicado por 100).

Al analizar un equipo completo de jugadores encontramos lógicamente diferencias entre jugadores que pueden servirnos de referencia a la hora de medir su estado físico a lo largo de la temporada. Sin embargo, otros autores no encontraron estas diferencias en jugadores profesionales registrando un test en septiembre u otro en febrero (Casjus, 2001). En cualquier caso, faltan estudios de tipo longitudinal analicen individualmente los cambios de la capacidad de salto incluyendo valores de fuerza y potencia a lo largo de la temporada y su relación con el rendimiento del jugador y la aparición de lesiones.

¿Cómo puede la biomecánica apoyar la recuperación de lesionados de los ligamentos cruzados de la rodilla?

Es conocida la relación existente en el riesgo de rotura de cruzados de la rodilla en jugadoras de fútbol y el exceso de valgo, la hiperextensión de rodilla, el pie pronador, el exceso de rotación externa de la rodilla y el exceso de aducción de cadera (Romero-Moraleda et al. 2017). La biomecánica a través de los sistemas de captura del movimiento y mediante las plataformas de fuerza puede registrar las variables de riesgo de forma precisa y rápida. Hablamos de tes de cambio de dirección sobre césped y test de salto donde se analice la estabilidad de la cadera, rodilla y pie (Walden et al. 2015)

CONCLUSIONES

Los procedimientos de Análisis Biomecánico deberían ser incluidos dentro del proceso de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento técnico y físico y la prevención de lesiones de los futbolistas (Figura 5. Estos procedimientos exigen la incorporación en el día a día del entrenamiento del futbolista las herramientas de análisis biomecánico disponibles (Sistemas de Captura 3D, Plataformas de fuerza, electromiografía).

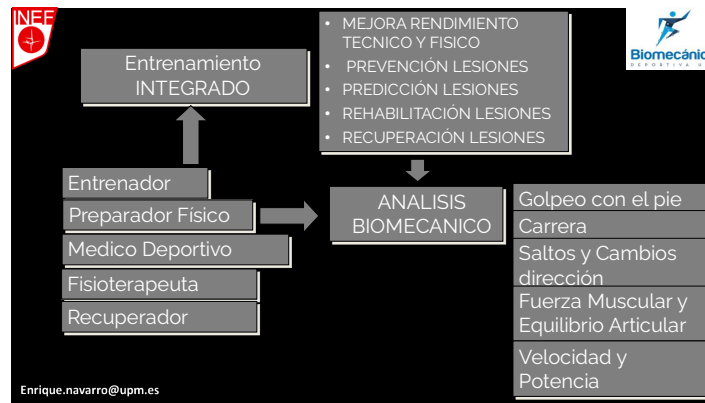


Figura 5. Modelo de actuación de la biomecánica aplicada a la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol.



Referencias

Askling, C., Tengvar, M., & Thorstensson, A. (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*, bjsports-2013-092165.

Bartlett, R. (1999). *Sports biomechanics. Reducing injury and improving performance*. E and FN Spon. London

Brukner, P. (2015). Hamstring injuries: prevention and treatment—an update. *British journal of sports medicine*, 49(19), 1241-1244.

Brukner, P., Nealon, A., Morgan, C., Burgess, D., & Dunn, A. (2014). Recurrent hamstring muscle injury: applying the limited evidence in the professional football setting with a seven-point programme. *Br J Sports Med*, 48(11), 929-938.

Caldwell, P. B., & Peters, M. D. (2009). Seasonal Variation in Physiological Fitness of a Semiprofessional Soccer Team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1370-1377. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a4e82f

Casajus, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4), 463-469. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000172704100006

Croisier, J.-L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J.-M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.

Fueyo, A. and Navarro E. Unpublished work. Doctoral Thesis in process. Injuries seem to affect hamstring neuromuscular activity and vertical jump capacities in professional football (soccer) throughout a season

Horst, N., Hoef, S., Reurink, G., Huisstede, B., & Backx, F. (2016). Return to Play After Hamstring Injuries: A Qualitative Systematic Review of Definitions and Criteria. *Sports Med*, 46(6), 899-912. doi:10.1007/s40279-015-0468-7

Juarez, D, C; Mallo, J, Lopez de Subijana y Navarro, E. Kinematic analysis of kicking in young top-class soccer players. *journal of sports medicine and physical fitness*, 51 (3). 366-373. 2011.

Lees, A., Asai, T., Bull-Andersen, T., Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 805-817. doi:10.1080/02640414.2010.481305

Mitrotasios, M., & Armatas, V. (2014). Analysis of Goal Scoring Patterns in the 2012 European Football Championship. *The Sport Journal*.

Navandar, A., Veiga, S., Torres, G., Chorro, D., & Navarro, E. (2018). A previous hamstring injury affects kicking mechanics in soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.



Navarro, E., Chorro, D., Torres, G., García, C., Navandar, A., & Veiga, S. (2015). A review of risk factors for hamstring injury in soccer: a biomechanical approach. *European Journal Of Human Movement*, 34, 52-74.

Navarro, E., Chorro, D., Torres, G., Navandar, A., Rueda, J., & Veiga, S. (2020). Electromyographic activity of quadriceps and hamstrings of a professional football team during Bulgarian Squat and Lunge exercises. *Journal of Human Sport and Exercise*, in press. doi:<https://doi.org/10.14198/jhse.2021.162.00>

Robertson, G., Caldwell, G., Hamill, J., Kamen, G. and Whittlessey, S. (2004). *Research Methods in Bioeconomics*. Human Kinetics. USA.

Romero-Moraleda, B., Cuellar, A., González, J., Bastida, N., Echarri, E., Gallardo, J., and Paredes, V.. "Revisión De Los Factores De Riesgo Y Los Programas De Prevención De La Lesión Del Ligamento Cruzado Anterior En Fútbol Femenino: Propuesta De Prevención. [Review Risk Factors and Prevention Programs of the Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Football: Prevention Proposal]." *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte* 13, no. 48 (2017): 117-38.

Torres, G., Chorro, D., Navandar, A., Rueda, R. Fernández, L. & Navarro E.. (2020). Assessment of Hamstring: Quadriceps Coactivation without the Use of Maximum Voluntary Isometric Contraction. *Applied Sciences*, 10(5), 1615.

Torres, G.; Armada-Cortés, E.; Rueda, J.; San Juan, A.F.; Navarro, E. Comparison of Hamstrings and Quadriceps Muscle Activation in Male and Female Professional Soccer Players. *Appl. Sci.* 2021, 11, 738. <https://doi.org/10.3390/app11020738>

Waldén, M., Häggglund, M., Magnusson, H., & Ekstrand, J. (2016). ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. *Br J Sports Med*, 50(12), 744- 750.

Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A. (2004). Football Association Medical Research Program. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football – analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 38 (1), 36–41.