

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2018-2019

PROTOCOLO DE GANANCIAS DE ROM PARA LA MEJORA DEL GOLPEO A BALÓN PARADO EN FÚTBOL SALA

ROM profit protocol for the improvement of the ball beat hit in
football five

Autor: Sergio Santos Vázquez

Tutor: Eugenio Izquierdo Macón

Fecha: 2/07/2019

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Contextualización.	5
Factores que afectan al golpeo de balón.....	7
Técnicas de estiramiento que ayudan a mejorar el ROM	18
Factores limitantes de la extensión de cadera	24
Musculatura implicada en el golpeo de balón de fútbol sala.	27
Objetivos.....	29
Descripción y diseño metodológico.	30
Beneficios y resultados esperados.	38
Valoración personal y reflexión crítica	40
Bibliografía.....	42

Resumen

La salud musculoesquelética se beneficia del entrenamiento de flexibilidad y del mantenimiento de un rango de movimiento funcional o específico. Para el deporte es importante si queremos mantener un estado físico general adecuado (Couture Karlik, Glass & Hatzel, 2015). El estiramiento se ha utilizado durante mucho tiempo en muchas actividades físicas para aumentar el rango óptimo de movimiento (ROM) alrededor de una articulación. Por ello el objetivo del presente trabajo es diseñar un protocolo de ganancias de ROM en la extensión de cadera y flexión de rodilla con el fin de mejorar la eficacia y potencia de golpeo en el que se combinen dos técnicas de ganancias de ROM: Facilitación Neural Propioceptiva (FNP) y autoliberación miofascial con foam roller, añadiendo además el trabajo de fuerza de extensores de cadera y core. Los beneficios y resultados esperados son las ganancias de ROM en dichas articulaciones a largo plazo y no solo de forma aguda como se viene demostrando en la literatura.

Palabras clave: ROM, autoliberación miofascial, FNP, fútbol sala, golpeo.

Summary

Musculoskeletal health benefits from flexibility training and maintenance of a specific or functional range of motion. For sport it is important if we want to maintain an adequate general physical condition (Couture Karlik, Glass & Hatzel, 2015). Stretching has been used for a long time in many physical activities to increase the optimal range of motion (ROM) around a joint. Therefore, the objective of this paper is to design a protocol for ROM gains in hip extension and knee flexion in order to improve the effectiveness and power of hitting in which two ROM gains are combined: Proprioceptive Neural Facilitation (FNP) and myofascial self-release with foam roller, adding also the strength work of hip and core extensors. The benefits and expected results are the ROM gains in these articulations in the long term and not only acutely, as has been demonstrated in the literature.

Keywords: ROM, myofascial self-liberation, FNP, futsal, beating

Introducción

Uno de los principales motivos que me ha llevado a la realización de este trabajo con la línea de investigación propuesta es el creciente número de fichas federativas de fútbol sala en los últimos años y la poca evidencia científica que hay sobre este deporte pese a ser uno de los más practicados en España. De este modo este trabajo podrá arrojar un poco de luz a este deporte que tantos disfrutamos. Así bien, el motivo fundamental que me ha llevado a elegir esta propuesta metodológica es principalmente personal, ya que a lo largo de los años practicando este deporte he podido comprobar que jugadores con una calidad técnica y táctica abrumadoras no son capaces de efectuar golpes potentes y efectivos, en muchos casos por falta de fuerza ya que hasta ahora solo los equipos con grandes medios económicos han proporcionado trabajos multidisciplinarios en la preparación de los deportistas, incluyendo en las pretemporadas y temporadas el trabajo de fuerza como método para ganar explosividad, agilidad, velocidad, etc. En otros casos, y es en los que yo me quiero centrar, esta falta de fuerza viene acompañada por una incapacidad de realizar una extensión de cadera óptima a la hora de golpear al balón, dando como resultado movimientos cerrados y rápidos de la pierna pero sin la suficiente fuerza ya que no se aprovecha la cadena cinética (Figuera, 2007) completa que interviene en el golpeo a balón parado en el fútbol sala.

Por ello el principal motivo que me ha llevado a proponer esta línea de investigación y esta propuesta metodológica es el intentar ayudar a todos aquellos jugadores de fútbol sala que ven limitada su extensión de cadera en la fase de armado del golpeo y con ella, la capacidad de golpear potente al balón y preciso. Para ello en este trabajo se propone un protocolo con el que se pretenderá que los jugadores consigan aumentar su extensión de cadera, aumentando el rango óptimo de movimiento (ROM), y su fuerza en los extensores de cadera, pudiendo de esta forma imprimir mayor velocidad al balón. Para ello voy a proponer un protocolo de ganancias de ROM en el que se utilice la técnica de autoliberación miofascial junto con la técnica de estiramiento de facilitación neural propioceptiva (FNP) y añadiendo además con ejercicios de fuerza para los músculos extensores de cadera y el core, incidiendo sobre todo en el glúteo mayor, principal extensor de cadera. El progreso se analizaría cada 2 semanas con el programa Kinovea para medir ángulos de extensión de cadera flexión de rodilla y velocidad de salida del balón, y además se haría el test de Thomas que más adelante se explicará, para valorar la mejora o no de la extensión de la cadera.

Pero para proponer este trabajo antes hay que entender el golpeo a balón parado desde todas sus perspectivas y para ello hay que analizar todos los factores que intervienen en este gesto, tanto cinemáticos como musculares.

Contextualización.

Previamente como ya he mencionado antes, debemos conocer como es el golpeo de fútbol con el empeine, cuáles son sus fases para saber cuáles son los factores que afectan a la biomecánica del golpeo a balón parado en fútbol sala, para saber sobre cuáles de ellos las ganancias de ROM tienen un efecto directo.

El fútbol es un deporte de cooperación y oposición, clasificado dentro de los deportes socio-motrices. Sin tener en cuenta la punta del pie, de todos los golpes que se pueden realizar en el fútbol, el que se realiza con el empeine total es el que más velocidad puede aplicar al balón (López & González-Jurado, 2012; en Parlebas, 1988). Según estos mismos autores, “el golpeo de fútbol es la habilidad más estudiada del fútbol y, aunque hay muchos tipos de golpeo, la variante más estudiada que se recoge en la literatura es el golpeo con el empeine a máxima velocidad de balón parado. Se han investigado muchos temas al respecto: eficiencia energética del golpeo, técnica del golpeo, diferencias entre jugadores expertos y no expertos, actividad muscular del golpeo y velocidad del salida del balón entre muchos otros.”

Según Nunome, Asai, Ikegami & Sakurai (2002) “podemos definir el golpeo, tanto de empeine como de interior, como el balanceo de la pierna ejecutora que comienza con una flexión plantar del pie ejecutor, con el ángulo de cadera alcanzando su máxima extensión mientras que ocurre seguidamente una flexión de rodilla. El ángulo de rodilla entonces alcanza su máximo ángulo de flexión y después se va extendiendo hasta el impacto con el balón”. Como podemos observar en la definición que da este autor, hay varios factores a tener en cuenta, como son el grado de extensión máxima de la cadera y el máximo ángulo de flexión de la rodilla, los cuales más adelante explicaremos con mayor detenimiento, pero en el que se centra este trabajo como ya he mencionado varias veces anteriormente es en el de la extensión de cadera, jugando un papel importantísimo y muy relevante a la hora de imprimir velocidad al balón ya sea tanto en un golpeo a balón parado (como es el doble penalti o una falta en la que no hay estrategia y el jugador golpea directamente a portería) como en un golpeo con el balón en juego como sucede en la gran mayoría de las acciones de este deporte.

Pero para entender las variables cinemáticas y los factores que afectan a la eficacia de golpeo en el fútbol sala y fútbol debemos entender que este gesto tiene unas fases que se repiten en el proceso de golpear el balón. Estas fases según López & González-Jurado (2012) son 3 y se muestra en la figura 1:

“1. Oscilación hacia atrás de la pierna: fase que empieza desde que el pie despegaba del suelo hasta la máxima extensión de cadera.

2. Elevación de la pierna: desde la máxima extensión de cadera hasta la máxima flexión de rodilla

3. Aceleración de la pierna: desde la máxima flexión de rodilla hasta el impacto del balón.”

Son muchas las variables cinemáticas estudiadas que son importantes a la hora de medir la eficacia de golpeo a balón en fútbol con el empeine, que a continuación procederemos a explicar, pero la que parece ser la más importante según Asami & Nolte (1983) es la velocidad máxima del pie justo en el momento del impacto con el balón, y es que según estos autores, “una mayor velocidad del pie indica un mayor nivel de habilidad en el golpeo”. Aunque como veremos a continuación, este factor por sí solo no sirve de mucho si no conseguimos un buen ángulo de aproximación al balón, un buen ángulo de inclinación lateral del tronco respecto al balón, una correcta separación del pie de apoyo al balón, una zancada adecuada previa al golpeo, una correcta extensión de cadera seguida de una flexión de esta y una extensión de la rodilla, etc. Es decir que la mayor eficacia en el golpeo de balón va a venir determinada por la interacción de diferentes factores que veremos a continuación.

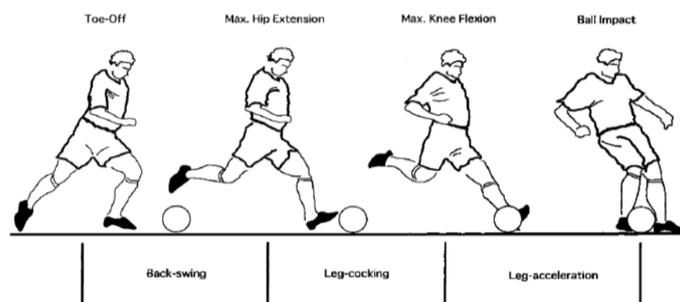


Figura 1. Muñoz López, A. y González Jurado, J. A. (2012). Diferencias cinemáticas del golpeo de fútbol entre futbolistas expertos y sujetos inexpertos. Recuperado de

<file:///C:/Users/sergio/Downloads/Dialnet->

[DiferenciasCinematicasDelGolpeoDeFutbolEntreFutbol-3827492%20\(1\).pdf](DiferenciasCinematicasDelGolpeoDeFutbolEntreFutbol-3827492%20(1).pdf)

Factores que afectan al golpeo de balón

En este apartado se van a comentar alguno de los diferentes factores más relevantes, sobre todo cinemáticos, que afectan a la potencia y precisión de golpeo a la hora de efectuar un doble penalti de forma eficaz. Los factores más relevantes que aquí se van a tratar son: La velocidad angular, distancia del pie de apoyo al balón, inclinación lateral del tronco respecto al balón, ángulo de aproximación, índice de consistencia (velocidad del balón/ velocidad de la pierna) y por último la movilidad articular, en la cual tendremos en cuenta sobre todo la máxima flexión de rodilla y el más importante y en el que se centra este trabajo, la máxima extensión de cadera. Todos estos factores cinemáticos han sido extraídos de los apuntes de la asignatura de “Biomecánica aplicada al fútbol” del Máster universitario de preparación física en fútbol, impartida por Juan García López en 2014.

En primer lugar vamos a fijarnos en el ángulo de aproximación al balón, el cual es fundamental a la hora de imprimir velocidad al balón. En una revisión publicada por Lees, Asai, Andersen, Nunome & Sterzing (2010) explican que muchos jugadores expertos, a la hora de golpear un balón que está quieto y con el fin de conseguir un golpeo potente, realizan una trayectoria de aproximación al balón más curva que los no expertos. Aunque no está claro cuál es el ángulo óptimo de aproximación, hay varios autores que coinciden en que un ángulo de 43° (Lees et al., 2010) con respecto al balón es lo más adecuado, lo que es respaldado por varios autores, los cuales señalan que ángulos de 45° (Isokawa & Lees, 1988). Aunque estos ángulos descritos por estos autores puede que disten de los ángulos empleados por jugadores expertos lanzadores como el que se ve en la figura 2 debido a la adaptación que realizan para acomodar su cuerpo al golpeo.

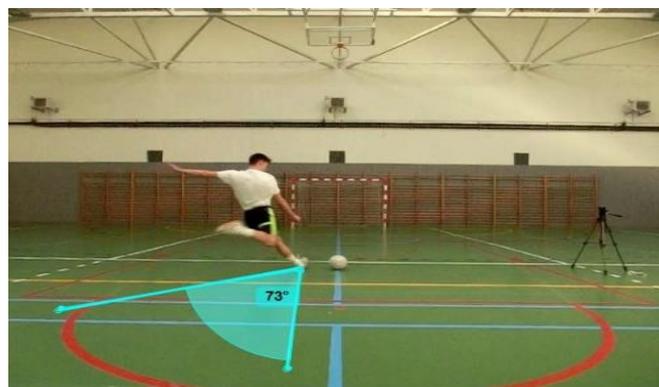


Figura 2. Ángulo de aproximación al golpeo de balón. Elaboración propia.

La longitud de la última zancada o paso es importante en golpes máximos como indica Lees et al. (2010) el cual explica que una longitud más amplia de la última zancada cuando los jugadores profesionales realizan un golpeo de largo distancia (1.69 m) en comparación con un golpeo de distancia media (1.50 m). Lees & Nolan (2002) además encontraron diferencias de la longitud de la última zancada en dos jugadores profesionales que realizaron un golpeo máximo (0,72 y 0,81 m) comparándolo con uno submáximo (0,53 y 0,55 m). Asociaron la mayor longitud de la última zancada con un mayor grado de retracción pélvica, lo que a su vez permitió un mayor rango para la protracción o anteversión pélvica (es decir, la rotación hacia delante del lado del golpeo). Con esto consiguieron aumentar significativamente la extensión de la cadera, pudiendo imprimir mayor velocidad al golpear el balón. En la figura 3 podemos observar que la amplitud de la última zancada que realiza un jugador no experto es menor frente a la de un experto, por lo que la potencia del experto es mayor al conseguir una mayor retracción y protracción pélvica, obteniendo un mayor grado de extensión de la cadera.

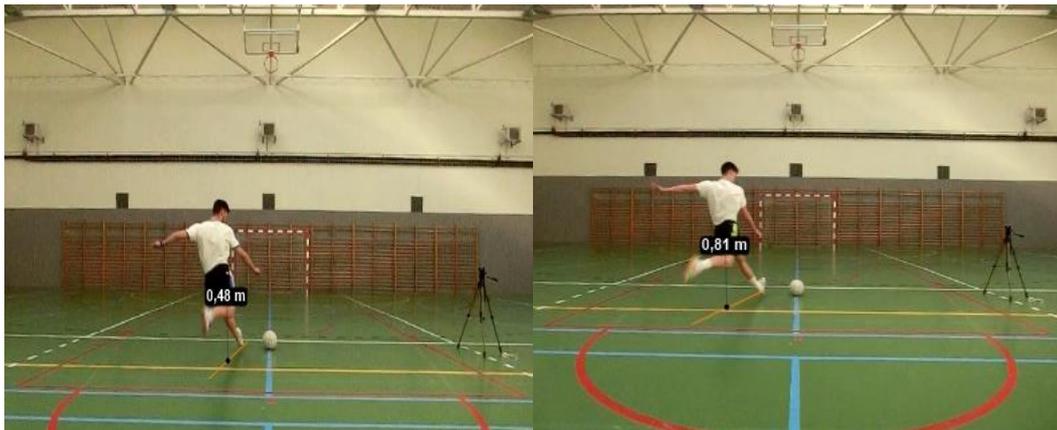


Figura 3. Comparación de la última zancada entre un jugador experto (derecha) y un no experto (izquierda). Elaboración propia.

Otro factor importante a tener en cuenta es la angulación del cuerpo o inclinación con respecto al suelo. Lees et al. (2010) explican que la trayectoria de aproximación hecha por jugadores expertos es curva con el objetivo de conseguir una mayor inclinación del cuerpo hacia el centro de rotación. Es probable que el propósito de esta carrera curva sea asegurar que el cuerpo produzca y mantenga una inclinación lateral mientras se realiza el golpeo. Hay varias razones por las cuales se puede producir esta inclinación lateral. La primera es que el pie de golpeo, al estar el cuerpo más inclinado en el momento de golpear, es más capaz de situarse debajo de la pelota para hacer un mejor contacto con esta. La segunda razón es que una parte inferior del cuerpo más inclinada permite a la rodilla de la pierna de golpeo estar más

extendida en el momento del impacto y, por lo tanto, una mayor velocidad del pie. Una tercera razón es que una carrera más curva proporciona una posición estable para ejecutar la patada, lo que contribuye a la precisión y la consistencia del golpeo. (Lees, Steward, Rahnama & Barton, 2009). Aunque en la literatura no se describen ángulos óptimos de inclinación lateral, podemos observar en la figura 4 que los lanzadores expertos (izquierda) realizan una mayor inclinación lateral que los no expertos (derecha) consiguiendo de esta manera un golpeo de empeine más completo que si la inclinación fuera menor, y consiguiendo a su vez una mayor precisión y potencia de golpeo.

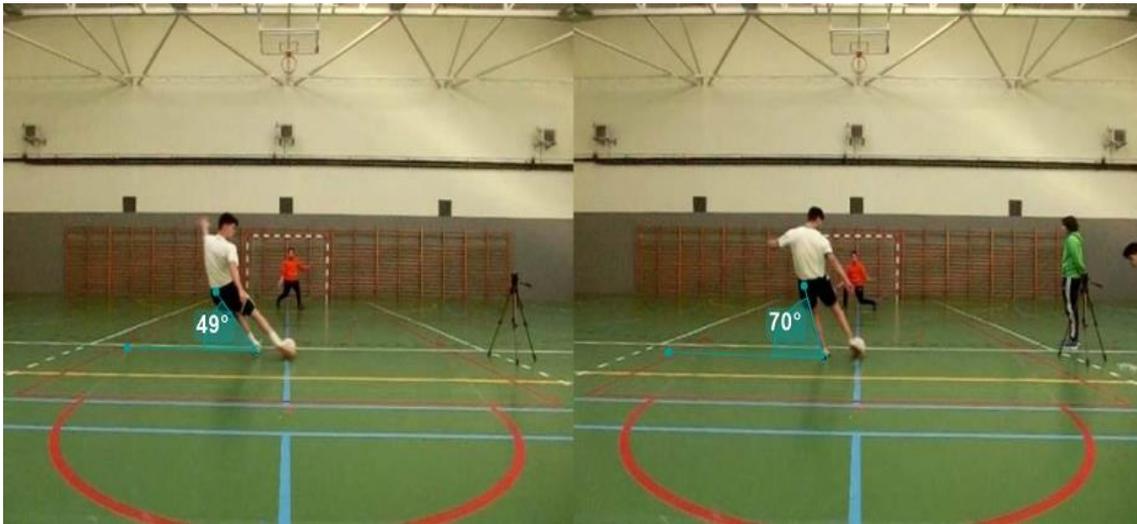


Figura 4. Comparación de la inclinación lateral entre un jugador experto (izquierda) con un no experto (derecha). Elaboración propia.

A la hora de golpear el balón tenemos que tener en cuenta por otro lado la distancia de separación del pie de apoyo al balón, ya que ésta dependiendo de si es idónea o no nos va a permitir imprimir una mayor o menor inclinación lateral del cuerpo respecto al suelo, haciendo posible que la pierna de golpeo se encuentre más o menos flexionada en el momento de golpeo y, por ende, nos va a permitir aplicar mayor potencia y precisión al balón. Según Barfield (1998) la distancia óptima del pie de apoyo al balón debería de ser entre 5 y 10 cm pero estos valores podrían estar muy alejados de la distancia realmente adecuada ya que como se puede observar en la figura 5, la distancia del pie de apoyo al balón que emplean tanto el lanzador especialista como el lanzador no especialista dista mucho de los valores de referencia que aparecen en la literatura.

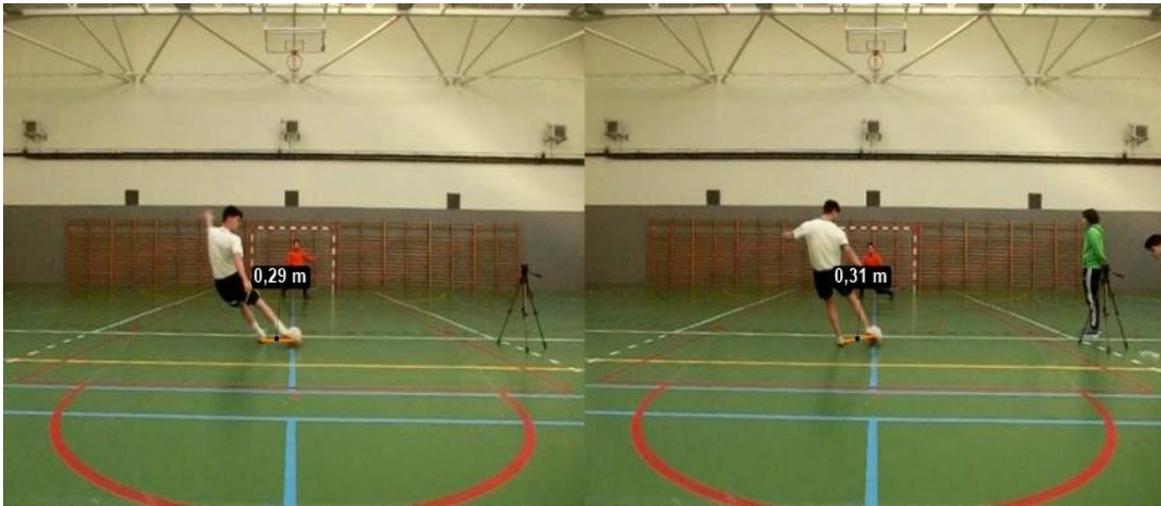


Figura 5. Comparación de la distancia lateral del pie de apoyo al balón entre un jugador especialista (izquierda) y un no especialista (derecha). Elaboración propia.

La velocidad angular de los segmentos corporales (sobre todo de la pierna de golpeo) es una variable también a tener en cuenta, siendo de los factores más relevantes implicados en el golpeo a balón parado en fútbol y fútbol sala. Resulta llamativo ver que pese a que el golpeo a balón parado es de carácter tridimensional (3D) se han realizado muy pocos estudios que analicen el gesto desde esta perspectiva tridimensional y apenas se dispone de datos cinemáticos suficientes para extraer conclusiones en lo referido a los movimientos de abducción / aducción y los ejes internos / externos (Lees et al., 2010). Muchos estudios han informado de una reducción en la velocidad angular y / o lineal de la pierna de golpeo justo en el momento antes del impacto de la pelota. (Dörge, Andersen, Sørensen & Simonsen, 2002). Existe una relación sólida entre la velocidad angular del pie y la velocidad de la bola resultante tras el golpeo. Esto podría implicar que para lograr el máximo rendimiento en el momento del golpeo los jugadores no deberían reducir la energía generada antes del contacto con la pelota ya que de esta manera se perdería velocidad, lo que puede explicarse para obtener una mayor precisión. (Lees et al., 2010)

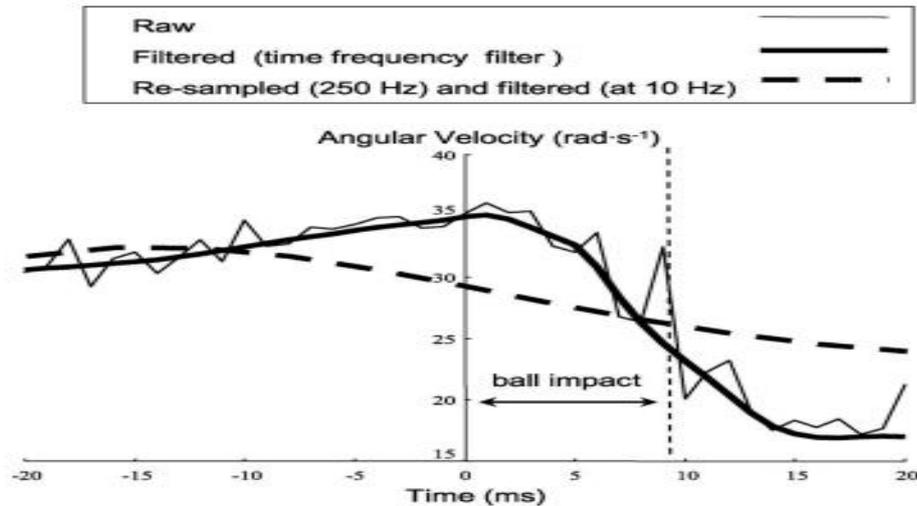


Figura 6. Lees et al. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. Recuperado de <https://sci-hub.tw/10.1080/02640414.2010.481305>

Sin embargo, un estudio publicado por Nunome et al. (2002) fue de los primeros en comenzar a analizar el golpeo de balón de forma tridimensional aportando datos completos tanto de abducción / aducción como ejes interno / externo. Kawamoto, Miyagi, Ohashi & Fukashiro (2007) atribuyeron la mayor eficacia de jugadores expertos frente a jugadores no expertos a la capacidad que tenían los primeros de generar un mayor momento de fuerza y velocidad en la flexión de la cadera, aducción, y la rotación externa. En conclusión, la velocidad angular es un factor muy importante a tener en cuenta y la velocidad a la que sale el balón tras el golpeo depende mucho de esta, de la rotación de cadera y de la velocidad angular de la rodilla y cadera, situándose normalmente en valores de entre 2,8 y 5,4 rad/s para la cadera y de alrededor de 19,6 rad/s para la rodilla (Lees et al., 2010).

Por otro lado, si tenemos en cuenta la velocidad angular de los segmentos de la pierna de golpeo también tenemos que tener en cuenta la velocidad lineal tanto del balón en el momento justo después del golpeo del balón y del pie sobre todo, que como ya mencionábamos en el apartado anterior, es la velocidad del pie uno de los mejores indicadores de eficacia de golpeo. Según un estudio publicado por López & González-Jurado (2012) se analizaron varios factores entre los que destacan la velocidad lineal del pie de golpeo, la máxima extensión de cadera y la máxima flexión de rodilla de la pierna de golpeo. Tras analizar a 17 hombres de 17 a 21 años realizando golpeos con el empeine a máxima potencia utilizando un sistema de fotogrametría 3D con cuatro cámaras hallaron los siguientes datos (tabla 1).

Tabla 1.

Comparación de las velocidades del pie, máxima extensión de cadera y máxima flexión de rodilla en jugadores expertos e inexpertos.

	PIERNA HÁBIL				PIERNA NO HÁBIL			
	Expertos		Inexpertos		Expertos		Inexpertos	
	$X \pm SD$	CV	$X \pm SD$	CV	$X \pm SD$	CV	$X \pm SD$	CV
Velocidad del pie (m/s)	13.7±6	13.2	13.4±6	13.8	14.5±5*	10.7	12.5±4*	10.3
Máxima extensión de cadera (grados)	35±2	16.5	34.3±3.2	26.5	39.2±1.3*	10.3	31.5±1.8*	16.4
Máxima flexión de rodilla (grados)	79.5±4.6	17.4	80.7±4	14.2	74.1±4.5	18.2	73.3±5.6	21.8

* $p < .001$, para comparaciones medias de expertos con inexpertos, t de Student.
($X \pm SD$: promedio \pm desviación típica; CV: Coeficiente de Variación)

Nota: Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3827492>

En primer lugar midieron la velocidad del pie justo en el momento del golpeo a balón y encontraron que no había diferencias en la velocidad de este entre jugadores expertos (13.7 \pm 6 m/s) y jugadores inexpertos (13.4 \pm 6 m/s) en la pierna hábil de golpeo. Sin embargo sí que encontraron diferencias en la pierna no hábil de golpeo, encontrando velocidades de 14.5 \pm 5 m/s en los jugadores expertos mientras que los jugadores inexpertos alcanzaron velocidades de la pierna no hábil de 12.5 \pm 4 m/s. Estos datos de velocidad del pie en el momento del impacto con el balón son muy relevantes porque como ya he mencionado con anterioridad, la velocidad del pie es un factor muy a tener en cuenta a la hora de analizar la potencia a la que sale el balón y la precisión que se obtiene. Además los datos obtenidos en la investigación de López & González-Jurado (2012) concuerdan con los datos encontrados en estudios anteriores, teniendo en cuenta que estos datos hallados hacen referencia a la velocidad del pie justo en el momento del impacto, mientras que los datos de las investigaciones anteriores se trata de velocidad de salida del balón tras el golpeo, que, como ya explican Lees & Nolan (1998) las velocidades del pie en el momento del impacto son algo menores que las del balón en su salida (coeficiente de correlación $r > .74$).

En las siguientes imágenes (figura 7) se puede observar la metodología que se emplea para hallar la velocidad del pie en el momento del golpeo de balón con un programa de análisis en 2D (Kinovea). Simplemente hay que obtener la distancia que recorre el pie en los últimos 3 frames previos al golpeo y el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia.

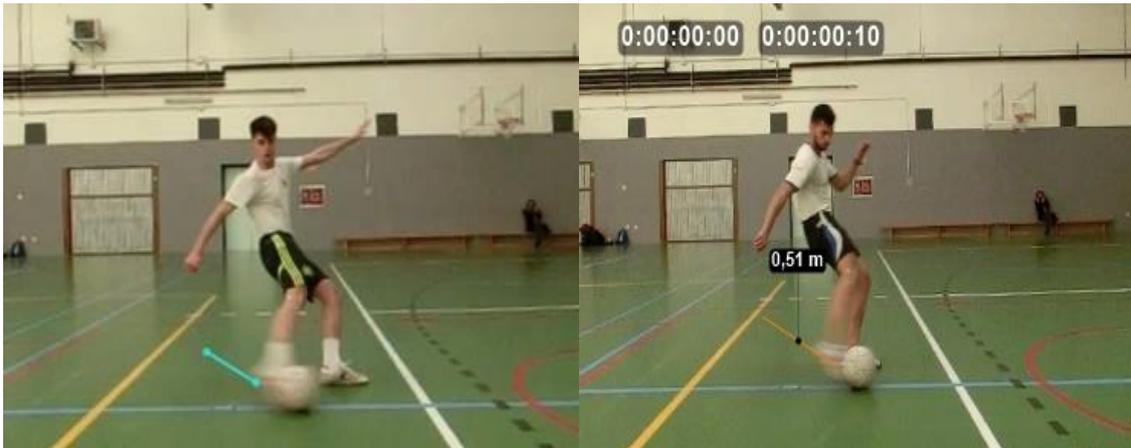


Figura 7. Análisis de la velocidad del pie en el momento del golpeo. Comparación entre jugador experto (izquierda) y no experto (derecha). Elaboración propia.

Según Kawamoto et al. (2007), “si los estudios demuestran que es criterio de efectividad la velocidad de salida del balón, es lógico pensar que los jugadores con experiencia debieran golpear el balón con una mayor velocidad”. Sin embargo, López & González-Jurado (2012) no observaron estos datos en su investigación entre ambos grupos con el golpeo de la pierna hábil, pero si encontraron diferencias significativas con la pierna no hábil (tabla 1). En un estudio publicado por Nunome, Lake, Georgakis, & Stergioulas (2006) se explica que las diferencias en el golpeo de balón con una u otra pierna dependen del nivel de habilidad. Esto concuerda con los datos que obtuvieron López & González-Jurado (2012), donde no encontraron diferencias entre la velocidad de salida del balón con la pierna hábil y la no hábil en los sujetos con experiencia, pero sí hay diferencias significativas entre la pierna no hábil de los sujetos expertos y los inexpertos.

Como es de esperar, cuando el balón es golpeado con la pierna hábil el balón alcanza mayores velocidades, lo que Kellis & Katis, (2007) atribuyen “a un mayor momento de fuerza producido por el miembro dominante comparado con el miembro no dominante y una mejor transferencia de velocidad del pie al balón”. Pero por supuesto, si la velocidad del pie es importante a la hora de imprimir velocidad al balón, la velocidad de este en el momento del golpeo es otro factor determinante de la eficacia y potencia de este. Aunque estos autores no lo analizaron en su estudio pero también lo tuvieron muy en cuenta en relación a los datos obtenidos ya que según ellos “la velocidad de salida del balón es un criterio de eficacia y éxito en esta habilidad”.

En una revisión publicada por Lees & Nolan (1998) llegaron a la conclusión de que “los jugadores adultos de fútbol con experiencia obtienen velocidades de salida del balón de entre 20 y 30 m/s.” Además en la revisión comentan que “los niños entre 8 y 14 años golpean a velocidades de 12 a 15,5 m/s, datos que están en consonancia con los estudios de Luhtanen (1988), quien aporta datos de 15 a 22 m/s para niños y jóvenes de 10 a 17 años. Parece en este sentido que la edad y el estado madurativo, así como la experiencia, influye en la velocidad de golpeo al balón”.

A continuación (figura 8) se muestra un ejemplo de cómo se realizaría el cálculo de la velocidad lineal del balón con un programa de análisis de vídeo en 2D (Kinovea) que tiene el mismo procedimiento que el cálculo de la velocidad lineal del pie de golpeo. Aunque el estudio de López & González-Jurado (2012) haya empleado técnicas y programas de análisis 3D, también pueden emplearse programas como el Kinovea para analizar algunas de las variables cinemáticas que intervienen en el golpeo de fútbol sala a balón parado.

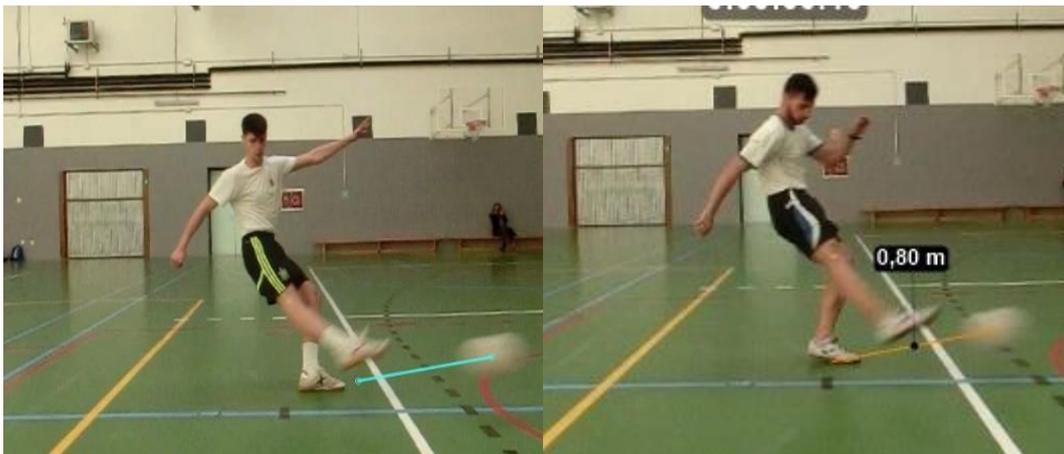


Figura 8. Análisis de la velocidad del balón en el momento del golpeo. Comparación entre jugador experto (izquierda) y no experto (derecha). Elaboración propia

La siguiente variable cinemática que analizaron López & González-Jurado (2012) fue la máxima flexión de rodilla en el momento del golpeo. Como explican estos autores, “en la mayoría de los estudios se aportan datos sobre la velocidad angular de la extensión de rodilla en el golpeo”. Sin embargo, en su estudio hay ciertas limitaciones en este sentido ya que no se recogieron datos de velocidades angulares, pero sí valores de los ángulos máximos de la articulación de la rodilla que ejecuta el golpeo en concreto. Según Nunome et al. (2006), “los jugadores con mayor experiencia alcanzaban mayores momentos de extensión de rodilla durante el golpeo, adquiriendo de esta forma mayores velocidades de golpeo.”

En cambio, en la revisión que publican López & González-Jurado (2012) puede observarse que no existen diferencias en las comparaciones establecidas respecto a la máxima flexión de rodilla entre jugadores expertos e inexpertos. Esto podría hacernos pensar que no es tan importante la flexión de rodilla que realizan los jugadores en el golpeo como el propio tiempo que empleemos en extender completamente dicha articulación. Sin embargo, como se comenta en la revisión de Kellis & Katis, (2007), “se necesitan nuevos estudios que examinen dichos ángulos y velocidades angulares entre ambas piernas” ya que existen varios estudios que determinan diferencias entre jugadores expertos e inexpertos en la flexión de rodilla.

En la siguiente imagen (figura 9) podemos observar las diferencias existentes en el armado de la pierna de golpeo entre un jugador experto (izquierda) y un jugador inexperto (derecha), siendo mayor el ángulo de la máxima flexión de rodilla en la pierna de golpeo en el jugador inexperto, lo que no le permite conseguir tanto recorrido en el movimiento descendente de la pierna hacia el balón y por lo tanto, no consigue tanta potencia de golpeo como el jugador experto. Esto puede deberse también a que la velocidad angular que comentaba con anterioridad no sea tan elevada en el inexperto, por lo que es muy difícil que este aplique la misma velocidad al balón que el jugador experto. Además, según Lees & Nolan (2002) los valores de referencia para la máxima flexión de rodilla deberían estar en torno a los 80° , lo que claramente no siempre concuerda con los valores obtenidos por jugadores experimentados como es el caso de la siguiente imagen.



Figura 9. Comparación de los ángulos máximos de flexión de rodilla entre un jugador experto (izquierda) y un no experto (derecha). Elaboración propia.

Otro de los factores que intervienen en la eficacia y potencia del golpeo y que arrojan datos muy significativos a la hora de analizar esta habilidad es lo que García-López (2014) denomina índice de consistencia o consistencia en el golpeo, que es una fórmula (figura 10) que tiene en cuenta la velocidad de salida del balón y la velocidad lineal que alcanza el pie de golpeo, siendo el resultado del cociente de la primera entre la segunda un indicador fiable para determinar la eficacia de golpeo. Según este autor, los valores de referencia entre los que se debería encontrar el golpeo a balón parado de un jugador deberían encontrarse entre entre 1.0 y 1.8, siendo 1.0 un golpeo malo o poco consistente y 1.8 o más un golpeo bueno o muy consistente.

Además se trata de una variable muy sencilla de medir ya que solo es necesario un programa de análisis de vídeo en 2D para el cálculo de las velocidades del balón y del pie de golpeo. Como afirman Kawamoto et al. (2007) este índice es sensible al nivel de rendimiento ya que cuando mayor sea este, mejor rendimiento obtendrán los jugadores y viceversa, cuanto más se acerque a valores de 1.0, mayores deficiencias presentará el golpeo de estos jugadores.

$$\text{Índice de consistencia} = \frac{\text{Velocidad del balón}}{\text{Velocidad del pie}}$$

Figura 10. Fórmula del índice de consistencia. Elaboración propia.

La última variable cinemática en la que me voy a centrar en este trabajo es la máxima extensión de cadera previa al golpeo de balón. Es la última de las variables cinemáticas que analizaron López & González-Jurado (2012) en su estudio. En lo referido a la máxima extensión de cadera, en el estudio publicado por Nunome et al. (2002) se describen las diferentes fases del golpeo como resultado de 4 puntos clave. Como indican López & González-Jurado (2012), “uno de estos puntos, el segundo, es la máxima extensión de cadera, la cual determina el final de la fase de balanceo de la pierna. En su estudio se comenta que el golpeo con el interior del pie no presenta diferencias significativas con respecto al golpeo con el empeine total”. Además, en la revisión de Lees & Nolan, (1998) argumentan “cómo el ROM de la cadera y de la rodilla, así como la fuerza aplicada durante la fase dos del movimiento, determinan la velocidad del pie en el momento del impacto.”

López & González-Jurado (2012) observaron que no existen diferencias significativas nuevamente entre la pierna hábil y la no hábil en el momento del golpeo comparando a los miembros intragrupo. En cambio, sí encontraron de nuevo diferencias significativas en la máxima extensión de cadera comparando el golpeo con la pierna no hábil entre

ambos grupos. Esto significa que el gesto del golpeo depende en gran medida del nivel de experiencia del sujeto al igual que en la velocidad de salida del balón, habiendo menos diferencias entre ambas piernas en un sujeto con mayor experiencia pero observando nuevamente diferencias en el miembro no dominante ante sujetos de diferente nivel.

En cuanto a los valores de referencia para la máxima extensión de la cadera encontramos como Lees & Nolan (2002) establecen valores ideales todos aquellos ángulos de máxima extensión de cadera cercanos a 150° , o según López & González-Jurado (2012) valores entre 31 y 39° (Tabla 1). La gran diferencia de ángulos entre uno autor y los otros se debe simplemente a la forma de medir los ángulos de la extensión de la cadera, tomando los primeros como referencia los hombros, la cadera y la rodilla (Figura 11); y el segundo el suelo, la cadera y la rodilla (Figura 12).



Figura 11. Comparación de la máxima extensión de cadera entre un jugador experto (derecha) y uno inexperto (izquierda) tomando como referencia hombros-cadera-rodilla. Elaboración propia



Figura 12. Comparación de la máxima extensión de cadera entre un jugador experto (derecha) y un jugador inexperto (izquierda) tomando como referencia suelo-cadera-rodilla. Elaboración propia.

Como podemos observar en las figuras 11 y 12, los grados de máxima extensión de cadera varían mucho en cuanto a si los jugadores son expertos o no, siendo los ángulos de los primeros más pequeños si medimos teniendo en cuenta hombros-cadera-rodilla y mayores si tenemos en cuenta suelo-cadera-rodilla. Esto implica que los jugadores expertos son capaces de extender más la cadera, lo que les posibilita conseguir una mayor velocidad angular (López & González-Jurado, 2012) y por lo tanto aplicar una mayor potencia al balón a la hora de golpearlo.

Técnicas de estiramiento que ayudan a mejorar el ROM

Pero, ¿por qué es tan importante esta ganancia de ROM para las ganancias de fuerza? ¿Qué supone para el deporte conseguir una mayor flexibilidad en nuestras articulaciones y el mantenimiento de esta a lo largo del tiempo?

La salud musculoesquelética se beneficia del entrenamiento de flexibilidad y del mantenimiento de un rango de movimiento funcional o específico. Para el deporte es importante si queremos mantener un estado físico general adecuado (Couture et al., 2015). El estiramiento se ha utilizado durante mucho tiempo en muchas actividades físicas para aumentar el ROM alrededor de una articulación. Además el estiramiento también tiene otros efectos agudos en el sistema neuromuscular, por ejemplo, se han registrado reducciones significativas en la máxima fuerza voluntaria, la potencia muscular o las propiedades contráctiles inmediatamente después de un solo intento de estiramiento estático, aumentando el interés en otras modalidades de estiramiento. Por lo tanto, se han cuestionado los efectos del estiramiento estático en el rendimiento muscular posterior (Opplert & Babault, 2018).

Tenemos que tener en cuenta que los beneficios del trabajo de flexibilidad pueden no ser los mismos dependiendo del momento en el que se realicen, ya bien sea en sesiones de estiramiento entre competiciones o en momentos preparatorios de la actividad, momento en el cual se implementan los estiramientos en el calentamiento con el fin de mejorar la movilidad, flexibilidad y ROM de las articulaciones. De esta manera, habrá unas técnicas de ganancia de movilidad y ROM más adecuadas que otras dependiendo del momento en el que nos encontremos y del efecto que cause en nuestros músculos.

McHugh & Cosgrave (2019) separan los efectos del estiramiento en dos categorías: viscoelásticos y neurales. En términos de efectos viscoelásticos se refieren a los cambios que sufre el ROM y la resistencia al estiramiento después de un estiramiento; y respecto a los efectos neuronales del estiramiento, es evidente que cuando se aplican estiramientos pasivos lentos al músculo esquelético, existe una

actividad contráctil activa mínima en respuesta al estiramiento y los índices de excitabilidad de las neuronas motoras disminuyen. Curiosamente, la pérdida de fuerza inducida por estiramiento es, en parte, atribuible a un efecto inhibitorio prolongado del estiramiento. (McHugh & Cosgrave, 2010)

Por todo esto podemos decir que un ROM más amplio sería atribuible principalmente a la reducción de la rigidez de la unidad musculotendinosa, mientras que la mejora del rendimiento muscular se vería favorecido por el aumento de la temperatura y la mejora de los mecanismos relacionados con la potenciación causada por la contracción voluntaria, asociada con el estiramiento dinámico. Por lo tanto, si el objetivo de un calentamiento es aumentar la ROM articular y mejorar la fuerza y / o la fuerza muscular, el estiramiento dinámico parece ser una alternativa adecuada al estiramiento estático (Opplert & Babault, 2018). Sin embargo, numerosos estudios que no informaron alteraciones o incluso deterioro del rendimiento han puesto de relieve posibles factores atenuantes (como la duración del estiramiento, la amplitud o la velocidad). En consecuencia, el estiramiento balístico, una forma de estiramiento dinámico con mayores velocidades, sería menos beneficioso que el estiramiento dinámico controlado

Pero realmente ¿qué técnicas de estiramiento podemos considerar que sean las más apropiadas para conseguir el objetivo de aumentar el ROM y de esta manera la movilidad de nuestras articulaciones, con el fin de mejorar el rendimiento deportivo?

Existe numerosa literatura acerca del tema que nos atañe, y es una tendencia actual de investigación, por lo que a continuación trataré de recopilar la información más relevante. Entre las técnicas más destacadas en la bibliografía podemos encontrar la facilitación neural propioceptiva (FNP) los estiramientos estáticos (EE) y los estiramientos dinámicos (ED). Procedo a explicar brevemente en qué consiste cada una de ellas.

El estiramiento FNP incorpora EE y contracciones isométricas en un patrón cíclico para mejorar el ROM articular, con 2 técnicas comunes que, según Sharman et al., (2006) son:

- La contracción-relajación (CR)
- La contracción-relajación-contracción (CRAC).

Aunque hay autores como Aslan, Buddhadev, Suprak, & San Juan (2018) que consideran 3 las técnicas que agrupa el estiramiento FNP:

- Contracción y relajación (CR).
- Retención y relajación (HR).
- Relajación por contracción con la técnica de contracción antagonista (CR-AC).

El método CR incluye una fase de EE seguida inmediatamente por una contracción isométrica intensa del músculo estirado, con un estiramiento adicional del músculo objetivo inmediatamente después del cese de la contracción. Por otro lado, el método CRAC requiere una contracción adicional del músculo agonista (es decir, oponiéndose al grupo muscular que se estira) durante el estiramiento, antes del estiramiento adicional del músculo objetivo (Sharman et al., 2006).

A pesar de su eficacia en el aumento del ROM, el estiramiento de FNP rara vez se utiliza en las rutinas de calentamiento, posiblemente porque:

1. Normalmente se necesita la ayuda de una pareja.
2. Puede ser incómodo o doloroso.
3. Las contracciones musculares se realizan a gran intensidad, la longitud muscular estirada puede provocar un mayor daño del músculo esquelético (Butterfield y Herzog 2006) y un mayor riesgo especulativo de lesión por distensión muscular (Beaulieu 1981), aunque no hay datos que lo respalden claramente.

Aunque presente estas limitaciones potenciales, el estiramiento FNP sigue siendo una práctica efectiva y su impacto en el rendimiento muscular es digno de examen.

Los EE implican el alargamiento de un músculo hasta que se alcanza la sensación de que el músculo está estirado (Cronin, Nash, & Whatman, 2008) o hasta alcanzar un punto de incomodidad, para luego mantener el músculo en una posición alargada durante un período de tiempo determinado. Los EE se usan comúnmente en entornos clínicos y deportivos con los objetivos específicos de aumentar la ROM articular y reducir el riesgo de lesiones (McHugh & Cosgrave, 2010) por lo que puede ser una técnica interesante para cumplimentar el objetivo de este trabajo.

Podemos distinguir dos tipos diferentes de EE según Ferreira (2016):

- Estiramientos estáticos activos (EEA). Cuando generalmente la fuerza mantenida de aplicación la ejerce el músculo agonista, a través de la

contracción concéntrica, en busca de un rango mayor de movimiento a través del estiramiento del músculo antagonista.

- Estiramientos estáticos pasivos (EEP). Cuando generalmente la fuerza mantenida de aplicación es auxiliar, es decir, ajena al grupo muscular directamente implicado en la acción de movimiento articular, ya sea por otra persona o grupo muscular distinto al músculo que se pretende estirar, no antagonista al estirado.

Pero pese a que puede ser una técnica interesante para las ganancias de ROM, existe una creciente corriente de investigación que ha informado efectos negativos de los EE en el rendimiento muscular máximo ya que, “la aplicación de estiramientos estáticos durante el calentamiento puede limitar el rendimiento en acciones de salto vertical, aceleración, velocidad, y diferentes manifestaciones de fuerza, afectando de manera muy negativa a aquellas actividades en las que esté involucrado el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), debido a que reducen la viscoelasticidad en la estructura músculo-tendón, provocan un descenso de la rigidez muscular y también una disminución de la activación refleja” (Sánchez-Sánchez Rodríguez-Fernández, Villa-Vicente, Petisco-Rodríguez, Ramírez-Campillo & Gonzalo-Skok, 2016)

Hay estudios que correlacionan la duración de los estiramientos con el posterior rendimiento deportivo, y se ha reportado que las duraciones más largas (por ejemplo, ≥ 60 segundos) probablemente provoquen deficiencias en el rendimiento (Kay y Blazeovich 2012), que pueden tener implicaciones importantes para el rendimiento clínico y atlético. Aunque si bien es cierto que hay publicaciones que demuestran que, aunque hay algunas ocasiones en las que se informan reducciones grandes o muy grandes (por ejemplo, Trajano, Seitz, Nosaka & Blazeovich, 2013), los EE generalmente induce deficiencias moderadas en el rendimiento promedio ($< 5\%$) cuando la prueba se realiza a los pocos minutos del estiramiento.

Por último, los estiramientos dinámicos (ED) implican la realización de un movimiento controlado a través del ROM de la(s) articulación(es) activa (Fletcher, 2010). Por varias razones, los ED a veces se consideran una mejor opción que los EE en la preparación para la actividad física. En primer lugar, puede haber una gran similitud entre los patrones de movimiento de estiramiento y de ejercicio (Behm & Sale 1993). En segundo lugar, las actividades de DS pueden elevar la temperatura central, lo que puede aumentar la velocidad de conducción nerviosa, la complianza muscular y el ciclo enzimático, acelerando la producción de energía (Bishop, 2003). En tercer

lugar, los ED y las actividades dinámicas tienden a aumentar en lugar de disminuir el impulso central, como puede ocurrir con los EE prolongados (Trajano et al., 2013).

Una revisión (48 estudios que incorporan 80 medidas) reveló que la mejora del rendimiento de la media ponderada asociada con los ED fue del 1,3%. Como era de esperar, dados los modestos cambios, casi la mitad de las mediciones (37 de 80) demostraron cambios de magnitud trivial, con solo 6 estudios que informaron deficiencias relativas del desempeño relativo pequeñas a grandes posteriores (Costa et al., 2014). Por lo tanto, aunque hay ocasiones en las que sí que hay mejoras moderadas o grandes en el rendimiento, en general, no existe evidencia sólida para concluir que haya mejoras sustanciales en el rendimiento después de realizar ED.

Las tres técnicas de estiramiento vistas anteriormente son las que han sido más empleadas y son las más conocidas hasta la fecha, pero no son las únicas, y es que conforme avanza la ciencia se descubren nuevos métodos que pueden ayudar a relajar y estirar las fascias, tendones y músculos, como la auto-liberación miofascial, que según Capote, Rendón, Analuiza, Fabián, Guerrero, Cáceres & Gibert (2017) “es una intervención realizada para mejorar la movilidad de las fascias musculares, utilizada como complemento durante el calentamiento o la vuelta a la calma de un entrenamiento deportivo.”

Se suele utilizar otra técnica, la liberación miofascial, que es una técnica que permite eliminar el daño originado por el estrés físico con la estimulación mecánica de baja carga (Capote et al., 2017). Esta técnica es realizada por fisioterapeutas, por lo que es difícil llevarla siempre a cabo de manera autónoma, por lo que se utiliza un nuevo elemento que ayuda a mejorar la movilidad, elasticidad muscular y el ROM para realizar la auto-liberación miofascial. Hablamos del foam roller o rodillo de espuma y los masajeadores de rodillos. Estos rodillos de espuma son cilindros hechos con densidades y texturas variables y los masajeadores de rodillos son rodillos de plástico que se sostienen en las manos. Estas herramientas utilizan el mismo mecanismo de tratamiento que la liberación miofascial tradicional, pero el individuo aplica presión externamente o usa el peso corporal de manera autónoma. (Couture et al., 2015). Además, en un estudio publicado por MacDonald, Penney, Mullaley, Cuconato, Drake, Behm & Button (2013) demuestran que tras la utilización de esta herramienta en el calentamiento no se reducen los niveles de fuerza en el cuádriceps durante la extensión de la rodilla, aumentando hasta en 20º el ROM de la flexión de rodilla, lo que resulta muy interesante para el propósito de este estudio aunque se trate de la articulación de la rodilla.

Ahora bien, ¿Los efectos de utilizar un foam roller o un masajeador de espuma perduran en el tiempo? El foam roller se propone como un método para eliminar las restricciones en la ROM debido a las adherencias fasciales, a pesar de la evidencia limitada de que el foam roller sea capaz de lograr este resultado. La evidencia de que el foam roller tiene un efecto sobre las adherencias se limita a los estudios que evalúan los cambios en la ROM. (Hall & Smith, 2018).

Un estudio publicado en 2015 en el que compararon la utilización de diferentes tiempos de aplicación de foam roller para mejorar el ROM en los isquiotibiales concluyó con que no hay diferencias significativas entre el ROM de extensión de rodilla previo a la utilización de este aparato y el ROM después de utilizarlo, ya sea con una aplicación de corta duración (2 series de 10s) o larga (4 series de 30s) (Couture et al., 2015). Según una revisión publicada por Capote Lavandero et al., (2017), “los resultados muestran que la auto-liberación miofascial realizada con rodillos de espuma o rodillos rígidos multinivel pueden tener efectos a corto plazo que se relacionan con un aumento del rango de movimiento sin disminuir el rendimiento muscular, una mayor recuperación, así como una disminución en la aparición del DOMS”.

En un estudio publicado en 2017 se compararon 3 técnicas de estiramiento diferentes para comprobar cuál de ellas incidía más, entre otras variables, en el ROM y la recuperación post ejercicio. Estas técnicas fueron la utilización de foam roller, los estiramientos estáticos y por último la relajación pasiva, que aunque no es una técnica de estiramiento como tal también se incluyó en el estudio. Según Correoso (2017), autor del estudio, tras aplicar los 3 protocolos “el uso del foam roller como implemento para la recuperación post-entrenamiento, no parece reportar beneficios en la recuperación post-ejercicio con respecto a medidas de recuperación clásicas como el estiramiento estático o la recuperación pasiva.”

Tras revisar la literatura existente acerca del foam roller y la técnica de auto-liberación miofascial ésta concluye diciendo que los efectos que esta técnica genera sobre el ROM son agudos cuando los realizamos previos a la realización de ejercicio físico, ya que no se mantienen en el tiempo; y después de la realización de ejercicio físico no hay evidencia suficiente para afirmar que sea una técnica que ayuda a la recuperación muscular. (Behara & Jacobson, 2017; Couture et al., 2015; Hall & Smith, 2018; Monteiro, da Silva Novaes, Cavanaugh, Hoogenboom, Steele, Vingren & Škarabot, 2019). Pero todos los estudios revisados utilizan el foam roller 2-3 veces por semana durante poco tiempo, lo que puede inducir a error y obtener conclusiones erróneas.

¿Qué ocurriría si se utilizase el foam roller todos los días, durante un tiempo prolongado y suficiente para inducir mejoras en el ROM articular y en la movilidad de las diferentes articulaciones y músculos? Además, ¿qué ocurriría si, utilizamos el foam roller en combinación con técnicas de estiramiento más estáticas como la FNP? Este estudio pretende elaborar un protocolo en el que se empleen estas dos técnicas de ganancias de ROM y movilidad, con el fin de mejorar el golpeo de fútbol sala a balón parado, ya que uno de los factores mecánicos limitantes en el golpeo de fútbol es la extensión de cadera.

Factores limitantes de la extensión de cadera

Una vez conocidos los métodos de estiramiento más utilizados y los que mejores resultados parecen reportar en las ganancias de ROM, tenemos que saber en primer lugar cuales son los factores que afectan al golpeo a balón parado en fútbol sala, a su potencia y precisión para posteriormente incidir en aquellos en los que la flexibilidad y movilidad de la cadera juegan un papel importante. Pero antes de plantearse qué trabajo realizaremos sobre la musculatura debemos conocer si realmente es esta la que limita la extensión de cadera y otros movimientos, es decir, que existen otros factores no musculares que limitan los movimientos de la cadera. Me refiero a los pinzamientos femoroacetabulares y al ligamento iliofemoral.

Según Mardones, Barrientos, Nemtala, Tomic & Salineros (2010) existen tres tipos de pinzamiento que pueden limitar los movimientos de la cadera:

Tipo "cam" o "en leva" o FAI: Según Mardones et al. (2010) "es causado por el atrapamiento de la cabeza femoral anormal con un radio en aumento en movimiento extremo, especialmente la flexión. La causa de base para la morfología anormal en los pinzamiento de leva o "cam" no está claramente esclarecida. Algunas causas probables son alteraciones del desarrollo, siendo la más probable la epifisiolisis mínima subclínica con la consecuente disminución del *offset* cabeza-cuello anterior. Esta disminución del *offset* genera un contacto anormal entre la unión cabeza cuello y el reborde acetabular. Las fuerzas de fricción resultantes llevan a una abrasión de afuera a adentro del cartílago acetabular o avulsión del labrum y hueso subcondral en un área antero superior relativamente constante. La lesión condral lleva al desgarramiento o desinserción del labrum no involucrado inicialmente. Las fracturas de cuello femoral también pueden generar una situación similar al consolidar con retroversión cervical. El pellizcamiento o pinzamiento "de leva", con una frecuencia cercana al 6%, es más común en individuos atléticos jóvenes de sexo masculino." (Figura 13)

El síndrome de FAI puede ser causado por anomalías anatómicas de la cabeza / cuello femoral (lesión de leva) y / o el acetábulo (lesiones de pinza). La adherencia del labrum contra el cuello femoral puede ocurrir con movimientos extremos, particularmente la flexión repetida de la cadera durante los deportes, y como es evidente, en el fútbol y fútbol sala esta acción es la que más se repite a lo largo de los encuentros y de los entrenamientos, y esto puede ocurrir incluso con la morfología normal de la cadera pudiendo predisponer a la artritis temprana tanto de la cabeza femoral como de la superficie acetabular. (Elattar, Choi, Dills & Busconi, 2016)

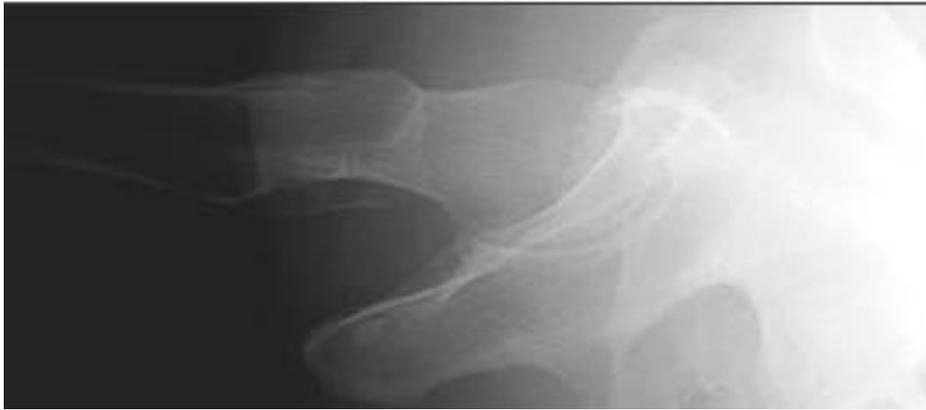


Figura 13. Mardones et al. (2010). Pinzamiento femoroacetabular: Conceptos básicos en una nueva causa de dolor inguinal. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0034-98872010000100015&script=sci_arttext&lng=en

Tipo "pincer" o "en tenaza": También según Mardones et al. (2010) "es el resultado de un contacto lineal entre el reborde acetabular y la unión cabeza-cuello femoral. La cabeza puede ser morfológicamente normal, y el pellizcamiento producto de una anomalía acetabular, generalmente sobrecubrimiento (coxa profunda/protrusión acetabular) o local (retroversión acetabular). La primera estructura en fallar en estos casos es el labrum acetabular. El impacto continuo lleva a degeneración del labrum, y se producen gangliones u osificación del reborde llevando a una profundización del acetábulo empeorando la sobre cobertura. El efecto de estribo, que generalmente es anterior, lleva a una palanca sobre el fémur presionándose la cabeza contra el acetábulo en la zona pósterio inferior. Las lesiones condrales en el pellizcamiento tipo "pincer" usualmente son limitadas a un área de reborde pequeña siendo más benignas. El pellizcamiento "en tenaza" tiene una frecuencia de 9% y es más común en mujeres de edad media con algún grado de actividad deportiva." (Figura 14).



Figura 14. Mardones et al. (2010). Pinzamiento femoroacetabular: Conceptos básicos en una nueva causa de dolor inguinal. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0034-98872010000100015&script=sci_arttext&tlng=en

Pinzamiento mixto: Por último, según Mardones et al. (2010) “es el más frecuente encontrándose hasta en 86% de los casos y combina en distinto grado los dos tipos descritos previamente. Apparentemente se trataría inicialmente de un pinzamiento tipo "pincer o tenaza" que posteriormente desarrollaría la aparición del *bump* anterolateral a nivel de la unión cabeza cuello, produciéndose un pinzamiento tipo "cam o leva" secundario, con lo que se obtiene la presencia simultánea de ambos tipos de pinzamiento.

Como indica el autor, este último es el más frecuente de los pinzamientos y es el que principalmente limita ciertos movimientos de la cadera como pueden ser la extensión. Por lo tanto, ahora ya podemos comprender que la extensión de la cadera puede estar limitada tanto por factores óseos como musculares, y que el propósito de este trabajo sería incidir sobre aquellas caderas cuya extensión se ve limitada por factores musculares ya que en los casos en los que sean los pinzamientos tipo “cam” o “FAI”; “pincer” o “tenaza”; y/o mixtos los que limitan la extensión, el tratamiento no puede ser el que se propone en este trabajo.

Tenemos que tener en cuenta también que, según Lorena (2014), el ligamento iliofemoral limita la extensión de cadera, la cual tiene un rango máximo de 20°. Podemos observar el ligamento iliofemoral en la figura 15.

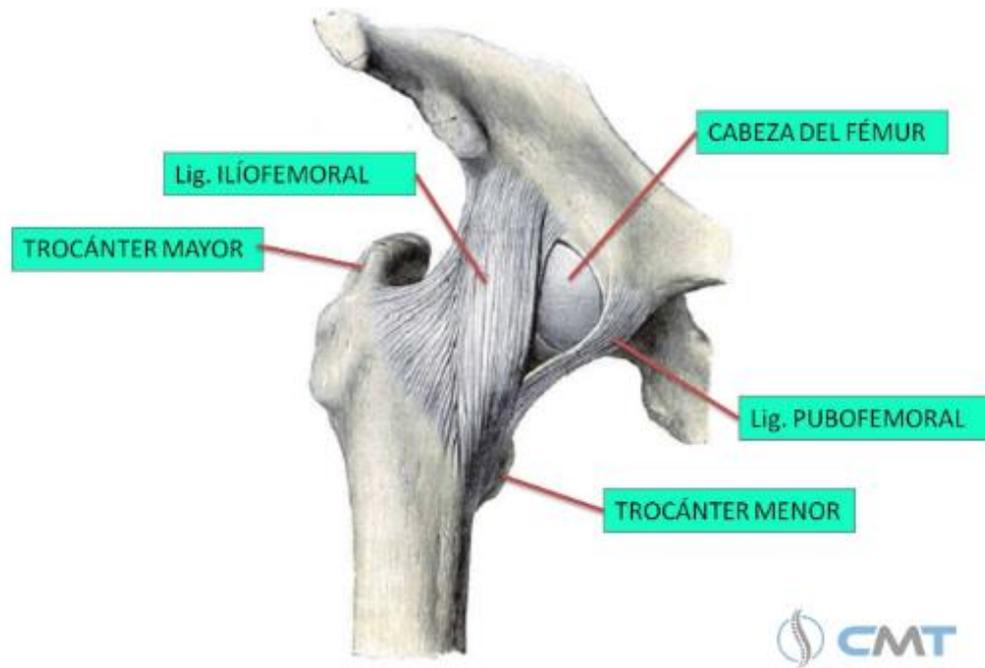


Figura 15. Fernández Guerrero (2016). Anatomía de la cintura pélvica. Recuperado de: <http://www.cmtosteopatia.com/es/articulos/anatom-a-de-la-cintura-p-ivica,0.html>

Por último, debemos conocer cuál es la musculatura implicada en el gesto de golpeo para saber sobre qué músculos debemos llevar a cabo el trabajo de ganancias de ROM en caso de que éstos sean los que limitan principalmente la extensión de cadera y no el ligamento iliofemoral o los pinzamientos femoroacetabulares.

Musculatura implicada en el golpeo de balón de fútbol sala.

En primer lugar tenemos que fijarnos en los músculos que actúan en la pierna de apoyo, ya que aunque la que efectúa el golpeo es la opuesta, el trabajo de ganancias de ROM va a llevarse a cabo en ambas piernas. Según Figuera (2007) “en la articulación de la cadera de la pierna de apoyo el mayor trabajo muscular corresponde al glúteo medio en el cual descansará en este momento la mayor parte el peso. La pierna de apoyo se mantiene en extensión completa, realizando una gran función el cuádriceps crural, y el recto anterior colabora con la flexión de la cadera, la cual permite estabilizar la posición de la pierna. Debido a que, para tener mayor estabilidad el jugador se apoya en el talón (calcáneo), el pie se encuentra en flexión dorsal, trabajando de esta manera el tibial anterior, flexor común de los dedos, y flexor propio del dedo gordo. Adicionalmente los músculos posteriores de la pierna (tríceps sural) realizaran una contracción isométrica, para dar mayor estabilidad al movimiento”.

En lo referido a la pierna de, el funcionamiento de esta según Figuera (2007) sería el siguiente: “el glúteo mayor permite la extensión de cadera, y con la ayuda de los isquiotibiales se permite flexionar la rodilla a su vez sobre la cadera. El pie correspondiente con esta pierna se encuentra en flexión plantar, lo que permite suponer que aunque el mayor trabajo se encuentra en la parte posterior (tríceps sural), la parte anterior de la pierna (tibial anterior) también realiza una contracción isométrica de manera de estabilizar el movimiento, y permitir mayor eficacia a la hora del golpeo. Los músculos de la parte anterior del muslo (cuádriceps) trabajaran en conjunto con los extensores de cadera, sobre todo e recto anterior. El sartorio, pectíneo y tensor de la fascia lata, junto con el glúteo medio, ayudara a mantener y realizar la abducción de cadera.”

En el momento del golpeo tenemos que entender este como una cadena cinética en el que no solo actúan los músculos flexores de cadera y extensores de rodilla (recto anterior y psoas iliaco) si no también la musculatura de la zona central del cuerpo (CORE) y como explica Figuera (2007), la musculatura implicada en frenar el movimiento (glúteo mayor e isquiotibiales principalmente).

Sabiendo esto, entendemos que la limitación muscular en este caso de la extensión de cadera principalmente puede deberse a falta de extensibilidad en la musculatura anterior de la pierna o falta de fuerza en la musculatura posterior de esta. Por ello nos centraremos en la ganancia de ROM en la extensión de cadera mediante la acción conjunta de la técnica de estiramiento FNP y el foam roller en los músculos rectos anteriores y psoas iliacos, y propondremos un trabajo de ganancia de fuerza en la musculatura posterior de la pierna y core (incidiendo en isquiotibiales y glúteo) (Figura 16)



Figura 16. Músculos de la pierna. Deportesdeciudad.com. Recuperado de: <https://www.deportesdeciudad.com/sistema-muscular/musculos-de-la-pierna/>

Objetivos.

El objetivo principal del presente trabajo es el de diseñar un protocolo en el que se emplee el foam roller junto con la técnica de estiramiento FNP y el trabajo de fuerza en extensores de cadera y core, con el fin de conseguir aumentar el ROM en la extensión de cadera y flexión de la rodilla y mantener dichas ganancias en el tiempo en aquellos jugadores de fútbol sala que presenten limitaciones importantes en este gesto, para de mejorar la eficacia y potencia de golpeo, aumentando la amplitud de movimiento y posibilitando de esta manera imprimir mayor velocidad de salida al balón. Para ello los sujetos serán sometidos al test de Thomas (figura 17) y todos aquellos que presenten un ángulo de entre 5° hasta 15° serán clasificados como THF (tightness of hip flexor muscles) y será a los jugadores que se le aplique este protocolo en sesiones aparte, separadas de los entrenamientos.



Figura 17. Aslan et al. (2018). Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. Recuperado de:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6159495/>

Para medir el progreso en cuanto a ganancias de ROM, a los sujetos se les realizará la prueba de Thomas y un análisis de vídeo con el programa Kinovea al principio del programa, cada 2 semanas y así hasta finalizar la temporada, para medirla evolución de los ángulos de máxima extensión de cadera y máxima flexión de rodilla. Además, se utilizará este mismo programa de análisis de vídeo para medir la velocidad lineal de salida del balón con el fin de ver si realmente conseguimos aumentar la eficacia y potencia del golpeo. (Figura 18) Es importante señalar que, como ya comenté anteriormente, este protocolo solo tendrá efecto en aquellos sujetos cuyo factor limitante en la extensión de cadera sea muscular y no por los pinzamientos que comentábamos en la cabeza acetabular.



Figura 18. Análisis de ángulos de extensión de cadera, flexión de rodilla y velocidad lineal del balón. Elaboración propia.

Descripción y diseño metodológico.

Ahora bien, ¿todos los foam roller son iguales? Según MacDonald et al. (2013) los mejores foam roller para conseguir incidir mejor en las fascias musculares son que están hechos con una tubería hueca de PVC (10,16 cm de diámetro exterior y 0,5 cm de grosor) rodeada de espuma de neopreno (1 cm de grosor) ya que este tipo de foam roller ejerce más presión sobre la fascia en comparación con un foam roller de bioespuma hecho de espuma de poliestireno uniforme (15.24 cm de diámetro), por lo que este tipo de foam roller será el que se use en este protocolo. Además, como explicaré más adelante, emplearé un dinamómetro microFET2 para medir la presión ejercida sobre la pierna a la hora de emplear la FNP.

Para el diseño del protocolo de ganancias de ROM para la mejora del golpeo a balón parado en fútbol sala he realizado una búsqueda bibliográfica por diferentes bases de datos (Dialnet, Google Scholar y PubMed) para averiguar cuáles son las técnicas de estiramiento más adecuadas para lograr un aumento del ROM y de la flexibilidad, para así poder mejorar la eficacia y potencia del golpeo de balón. Además también es importante la información que he obtenido en cuanto a la musculatura implicada en el gesto y la importancia que tiene el trabajo de extensores de cadera para mejorar dicho golpeo.

Como resultado de la búsqueda he llegado a la conclusión de que el protocolo que voy a diseñar será realizado aparte de los entrenamientos con los sujetos que tras realizar el test de Thomas sean clasificados como THF con el objetivo de activar la musculatura implicada en el gesto y obtener un mayor ROM (sobre todo en los músculos encargados de flexionar la cadera y extender la rodilla). Este trabajo consistirá en primer lugar la realización de autoliberación miofascial con el uso de un foam roller sobre los músculos de la parte anterior del muslo (flexores) de la cadera, sobre todo en el recto anterior), a continuación se le aplicará a los sujetos la técnica de

estiramiento FNP sobre estos mismos músculos y por último se realizarán una serie de ejercicios de fuerza con el fin de ganar fuerza en los músculos extensores de la cadera tras realizar los estiramientos. El motivo de combinar estas dos técnicas es debido a que ambas han demostrado ser las que más influyen en el ROM articular tras emplearlas por separado, por lo que empleándolas de forma conjunta puede suponer ganancias aún mayores y duraderas. Las sesiones se realizarán alejadas de los propios entrenamientos para intentar evitar interferir en ellos.

La gran mayoría de los estudios actuales hablan de la utilización del foam roller en la articulación de la cadera pero en los músculos isquiotibiales sobre todo, lo que ha supuesto una gran dificultad para mí a la hora de encontrar estudios que hayan empleado la técnica de autoliberación miofascial para conseguir aumentar el ROM de la extensión de la articulación de la cadera. Sin embargo, un estudio publicado por MacDonald et al. (2013) trata de arrojar luz sobre esta cuestión y para ello realizaron un experimento en el que involucraron a once sujetos masculinos sanos (altura 178.9 6 3.5 cm, masa 86.3 6 7.4 kg, edad 22.3 6 3.8 años) que eran físicamente activos y a los que les aplicaron un entrenamiento con foam roller de 4 sesiones, separadas por 24-48 horas de descanso y en las cuales se aplicaban un masaje sobre el cuádriceps con foam roller de 60 segundos de duración, un minuto de descanso y otros 60 segundos de duración, ya que la bibliografía revisada por estos autores sugiere que se debe aplicar una presión constante al músculo de 60 a 90 segundos hasta 5 minutos o hasta que se sienta una liberación. Los hallazgos más importantes que encontraron son los siguientes:

1. Hubo un aumento significativo en el ROM de la articulación de la rodilla a los 2 minutos (12.7%) y a los 10 minutos (10.3%) del uso del foam roller en la musculatura del cuádriceps.
2. No hubo cambios significativos en las propiedades musculares voluntarias o pasivas después del uso del foam roller.
3. Después de utilizar el foam roller, la correlación negativa entre el ROM y la producción de fuerza no existía, por lo que demostraron claramente que un uso breve de foam roller mejora en gran medida el ROM de la articulación sin efectos perjudiciales en la producción de fuerza neuromuscular.

Por lo tanto y aunque se trata de la flexión de la rodilla, los efectos del foam roller parece ser que no afectan a la fuerza generada con el cuádriceps (principal flexor de cadera y por lo tanto principal músculo que actúa en el golpeo de balón) y

además aumenta de forma notable el ROM en una articulación tras usarlo aunque sea de forma aguda.

Sin embargo, un estudio recientemente publicado por Monteiro et al. (2019) utilizan también el foam roller (FR) y rodillo masajeador (RM) para conseguir ganar ROM en los movimientos de flexo-extensión de la cadera y dorsiflexión de tobillo.. La flexión de la cadera y las ganancias de la ROM de la dorsiflexión del tobillo (alrededor del 6% y el 11%, respectivamente) fueron iguales independientemente del número de repeticiones realizadas por serie (10 o 20 para cada extremidad) durante la autoliberación miofascial. Del mismo modo, la amplitud de movimiento de la extensión de la cadera aumentó al medirla a los 0 (FR: $\Delta = 8.56^\circ$; RM: $\Delta = 6.56^\circ$), 10 (FR: $\Delta = 4.64^\circ$; RM: $\Delta = 3.92^\circ$), y 20 minutos (FR: $\Delta = 2.80^\circ$; RM: $\Delta = 1.92^\circ$) tras la aplicación del masaje con FR y RM. En conclusión, tanto FR como RM aumentaron el rango de movimiento de la cadera para los volúmenes más grandes (120 vs. 60 segundos) pero fue el FR el que produjo los mayores aumentos.

Por último en lo referido al uso del foam roller, un estudio publicado por de Souza, Sanchotene, Lopes, Beck, da Silva, Pereira & Ruschel (2019) evaluó el efecto agudo de 2 protocolos de autoliberación miofascial (a corto y largo plazo) de los músculos posteriores del muslo y la pantorrilla en el rango de movimiento de la cadera y el tobillo (ROM) en hombres físicamente activos. Los resultados proporcionan evidencia de que el uso de la autoliberación miofascial en situaciones en las que se desea un aumento agudo en la ROM de la cadera y el tobillo puede ser interesante ya que los resultados que obtuvieron sugieren que la autoliberación miofascial aplicada a los músculos posteriores y anteriores del muslo y la pantorrilla aumenta de manera aguda el ROM de la flexión de la cadera, de la extensión de esta y de la dorsiflexión del tobillo. Estos autores determinan que es más conveniente un protocolo corto de aplicación de FR (2 x 10 repeticiones) para optimizar el tiempo total del protocolo y además sugiere que en futuras investigaciones debería estudiarse el efecto que tendría el uso de foam roller a medio y largo plazo, que es precisamente el objetivo principal de este trabajo, conseguir aumentar de manera permanente los ángulos de extensión de cadera para mejorar el golpeo del balón en fútbol sala.

La segunda parte de este protocolo tiene como recurso la utilización de la técnica de estiramiento FNP con el fin de ampliar el ROM en los movimientos de extensión de cadera. He decidido emplear esta técnica ya que tanto los estiramientos estáticos (EE) como los estiramientos dinámicos (ED) han demostrado ser eficaces para aumentar dicho ROM pero la FNP, según Aslan et al. (2018) “se considera una

de las técnicas de estiramiento más efectivas que se utilizan para mejorar el ROM, en particular con respecto a los cambios a corto plazo en el ROM". El propósito del estudio publicado por estos autores fue similar al que yo me propongo en este trabajo, y fue examinar los efectos agudos de dos técnicas de estiramiento en los flexores de cadera (dinámica y HR-PNF) en el ROM de la extensión de la cadera, la sensación de la posición de la rodilla (JPS en inglés) y el equilibrio en estudiantes de edad universitaria sanos que muestran rigidez en los músculos flexores de cadera.

Como explican Aslan et al. (2018) el criterio para calificar a un sujeto como THF (tightness of hip flexor muscles), es decir, con rigidez en los músculos flexores de cadera que impiden aumentar el ROM de la extensión; es que tengan entre 5 y 15° sobre la línea horizontal que forma la pierna que no se flexiona en la prueba de Thomas. Para llevar a cabo esta prueba, los autores usaron los siguientes pasos: pidieron a los participantes que se sentaran lo más cerca posible del borde (es decir, los pliegues de los glúteos en el borde) de la camilla; los sujetos colocaron las rodillas contra el pecho y luego se echaron hacia atrás sobre; mientras se mantenía esta posición, se liberó una de las extremidades inferiores, permitiendo que la cadera se extendiera hacia el suelo. La mano libre se usó para ayudar a sostener la otra rodilla en el pecho. Esta posición permitió que tanto la pierna como la rodilla de la extremidad que se está midiendo colgaran del borde de la mesa sin apoyo. Mientras el sujeto mantenía una anteversión pélvica, el asistente del examinador colocó una de sus manos debajo de la columna lumbar para asegurarse de que esta estuviera plana.

Como resultados obtuvieron una mejora mayor en el ROM de la extensión de la cadera tanto a la izquierda como a la derecha en el grupo que empleó la técnica HR-PNF en comparación con el grupo que empleó ED. Encontraron una interacción bidireccional significativa entre el tiempo y el tipo de estiramiento que indica una mayor mejora en el grupo que utilizó HR-PNF en comparación con el grupo que empleó ED que se produjo en el ROM de extensión de cadera durante el estiramiento inmediatamente posterior y a los cinco minutos. Además, en el grupo de estiramiento HR-PNF, los valores inmediatamente posteriores al estiramiento de la ROM de extensión de cadera fueron mejores que el estiramiento previo y el estiramiento posterior a 5 minutos. Por lo que demostraron que los estiramientos FNP son mejor opción que los EE y los ED para mejorar el ROM en este caso de forma aguda, de la extensión de la cadera.

Uno de los ejercicios que utilizaré en el protocolo será el mismo que emplearon Aslan et al. (2018): el sujeto realizará una contracción isométrica voluntaria

submáxima por los músculos flexores de la cadera durante 10 segundos contra una resistencia del compañero de aproximadamente 9 kg (20 lbs), midiéndolo con un dinamómetro de mano acolchado. A continuación el compañero mueve pasivamente la pierna hacia el nuevo ROM deseado y la mantiene la presión durante 20 segundos. Repetirán esto seis veces por extremidad.

Una vez sabiendo que ambas técnicas son efectivas para conseguir obtener un mayor ROM en la extensión de cadera y flexión de rodilla, a continuación presento el protocolo que como ya he dicho con anterioridad, consta de 3 partes diferentes que se realizarán una detrás de la otra y siempre en sesiones alejadas del entrenamiento para aquellos futbolistas que tras haber realizado la prueba de Thomas, den como resultado entre 5 y 15°. La idea de este protocolo es realizarlo al menos 6 días a la semana ya que hasta ahora todos los estudios analizados consistían en una fase experimental de 2 entrenamientos con foam roller a la semana y de 4 semanas como mucho, por lo que los efectos hasta ahora solo se han visto de forma aguda, y con este protocolo pretendemos aumentar al máximo los efectos de estas técnicas y que además perduren en el tiempo. Para ello, durante la pretemporada se realizará 6 veces por semana por lo menos, y durante la temporada al menos 3 veces a la semana para intentar que sea a modo de recuerdo y que perduren las ganancias obtenidas en pretemporada. Durante los parones de la temporada (navidad sobre todo) trataremos de volver a realizar el protocolo 6 veces por semana.

Como ya he mencionado, el protocolo consta de 3 partes:

1. Autoliberación miofascial utilizando foam roller sobre los músculos flexores de cadera, principalmente sobre el recto anterior.
2. Estiramientos FNP con ayuda de un compañero o el propio entrenador, incidiendo en los rangos de movimiento donde la limitación de la extensión de cadera comience.
3. Ejercicios de fuerza que incidan en la cadena posterior, sobre todo en los músculos extensores de cadera (glúteo mayor e isquiotibiales); y trabajo de core.

1. Autoliberación miofascial utilizando foam roller sobre los músculos flexores de cadera, principalmente sobre el recto anterior.

Ejercicio	Explicación y variables	Función	Ejemplo gráfico
Masaje sobre recto anterior.	Masaje con foam roller de origen a inserción y vuelta. 2 x 60"/1' descanso	Eliminar adherencias de la fascia muscular, cambiar propiedades viscoelásticas del músculo y aumentar el ROM articular.	
Masaje sobre psoas iliaco	Masaje con foam roller de origen a inserción y vuelta. 2 x 60"/1' descanso	Eliminar adherencias de la fascia muscular, cambiar propiedades viscoelásticas del músculo y aumentar el ROM articular.	
Masaje sobre tensor de la fascia lata.	Masaje con foam roller de origen a inserción y vuelta. 2 x 60"/1' descanso	Eliminar adherencias de la fascia muscular, cambiar propiedades viscoelásticas del músculo y aumentar el ROM articular.	

2. Estiramientos FNP incidiendo en los rangos de movimiento donde la limitación de la extensión de cadera comience.

Ejercicio	Explicación y variables	Función	Ejemplo gráfico
Estiramiento del recto anterior.	<p>Aplicación de la técnica Contracción y relajación del FNP.</p> <p>1 x 6 reps en cada pierna/ 1' descanso</p>	<p>Aumentar el ROM de la extensión de cadera y la extensibilidad del músculo recto anterior principalmente</p> <p>.</p>	
Estiramiento del recto anterior y psoas iliaco.	<p>Aplicación de la técnica Contracción y relajación del FNP simulando el gesto de golpeo a balón. 1 x 6 reps en cada pierna/ 1' descanso</p>	<p>Aumentar el ROM de la extensión de cadera y la extensibilidad del músculo recto anterior principalmente</p> <p>.</p>	

3. Ejercicios de fuerza

Ejercicio	Explicación y variables	Función	Ejemplo gráfico
Peso muerto convencional	Levantamiento de una carga hasta extender completamente cadera, rodillas y columna. 2 x 10/ RIR 3/ 1' descanso	Potenciación de la acción de extensores de cadera y columna.	
Hip thrust o puente de glúteo	Extensión de cadera con línea media de los omóplatos apoyada en un banco. 2 x 12./ RIR 3/ 1' descanso	Potenciación de la acción de los extensores de cadera.	
Press Pallof con goma.	Extensión de codos y de hombros tratando de evitar que la goma nos haga rotar el tronco. 2 x 10/ 1' descanso	Ejercicio anti-rotación que activa los oblicuos.	
Roll out con fitball	Extensión de codos y hombros en posición de plancha tratando de evitar bascular la cadera apretando el abdomen y glúteos. 2 x 10/ 1' descanso	Ejercicio anti extensión que activa transverso del abdomen y musculatura profunda.	

Beneficios y resultados esperados.

En primer lugar y como se trata de un protocolo de ganancias de ROM en la extensión de cadera principalmente y en la flexión de rodilla los beneficios que pretendo conseguir son exactamente esos, conseguir aumentar y mantener en el tiempo los grados de máxima extensión de cadera y máxima flexión de rodilla en el momento del golpeo a balón parado en fútbol sala sin reducir la capacidad de generar fuerza con los músculos a los que se les ha aplicado el protocolo , con el fin de conseguir imprimir mayor velocidad y potencia al balón ya que como se ha visto en la literatura, uno de los principales factores que explican la eficacia en el golpeo de balón en el fútbol (y fútbol sala) es la velocidad lineal de salida del balón, y al conseguir aumentar la extensión de cadera y flexión de rodilla estamos consiguiendo aumentar la distancia de desplazamiento de los segmentos corporales, lo que posibilita impactar al balón con una mayor velocidad que si los segmentos hiciesen movimientos rápidos y cortos, y por consiguiente, aumentar la velocidad de salida del balón.

Ahora bien ¿la ciencia apoya mi teoría de que empleando en primer lugar el foam roller se pueden conseguir aumentar el ROM? En efecto, como ya comprobaron MacDonald et al. (2013), tras aplicar tan solo 4 sesiones de entreno con foam roller a un grupo de personas encontraron los siguientes hallazgos:

1. Hubo un aumento significativo en el ROM de la articulación de la rodilla a los 2 minutos (12.7%) y a los 10 minutos (10.3%) del uso del foam roller en la musculatura del cuádriceps.
2. No hubo cambios significativos en las propiedades musculares voluntarias o pasivas después del uso del foam roller.
3. Después de utilizar el foam roller, la correlación negativa entre el ROM y la producción de fuerza no existía, por lo que demostraron claramente que un uso breve de foam roller mejora en gran medida el ROM de la articulación sin efectos perjudiciales en la producción de fuerza neuromuscular.

Además, Monteiro et al. (2019) tras aplicar el foam roller y rodillo masajeador a un grupo de personas observaron que la amplitud de movimiento de la extensión de la cadera aumentó al medirla a los 0, 10 y 20 minutos tras la aplicación del masaje con ambos artilugios, por lo que, tanto el foam roller como el rodillo masajeador aumentaron el rango de movimiento de la cadera, siendo el foam roller el que mejores resultados les trajo, aumentando de manera significativa pero aguda el ROM de la extensión de la cadera.

Por último, en cuanto a la utilización de la técnica FNP hay varios estudios que demuestran que tras aplicarla se observan mejoras en el ROM de la extensión de cadera. Winters, Blake, Trost, Marcello-Brinker, Lowe, Garber & Wainner (2004) observaron cómo tras aplicar técnicas de estiramiento tanto pasivas como activas en pacientes con extensión de cadera reducida se aumentaba de forma significativa el ROM. También Malai, Pichaiyongwongdee, & Sakulsriprasert (2015) informaron una mejoría significativa en el ROM de la extensión de cadera después de aplicar la técnica de estiramiento HR-PNF en 10 individuos con los músculos psoas iliaco y recto abdominal rígidos. Esta misma técnica de estiramiento fue utilizada en el estudio publicado por Aslan et al. (2018) los cuales indicaron una mayor mejora en el ROM de la extensión de cadera (tanto a la izquierda como a la derecha) en el grupo que utilizó HR-PNF en comparación con el grupo que empleó estiramientos dinámicos.

Tras haber revisado toda la literatura que indico anteriormente considero que tras la aplicación tanto de un foam roller como de la técnica de estiramiento FNP en este protocolo los sujetos van a conseguir aumentar significativamente su ROM de la extensión de cadera y además va a conseguir una mayor activación en los principales extensores de cadera (glúteo mayor e isquiotibiales), consiguiendo de esta manera mejorar su potencia de golpeo al balón y por tanto mejorando el rendimiento. Además considero que, pese a que todos los estudios hasta ahora informan de mejoras agudas del ROM tras emplear ambas técnicas, con este protocolo, al aplicarse con tanta frecuencia (6 días por semana en pretemporada y un mínimo de 3-4 durante la temporada) va a conseguir mejorar el ROM de la extensión de la cadera de forma crónica, aunque falta todavía evidencia científica que pruebe los efectos de ambas técnicas a largo plazo.

Valoración personal y reflexión crítica

En primer lugar quiero señalar que la realización de este trabajo de fin de master me ha proporcionado información muy relevante acerca de las distintas técnicas de estiramiento existentes para conseguir aumentar el ROM articular, sus beneficios, sus desventajas, sus posibles momentos de aplicación, etc. Ya que he llegado a la conclusión de que ninguna técnica que se emplee para ganar movilidad articular y ROM es mala, solo hay que saber cuáles son los mejores momentos de aplicación. Además este trabajo me ha servido para profundizar un poco más en mis conocimientos acerca del análisis de la técnica de golpeo en fútbol sala, gesto importantísimo en este deporte y factor muy relevante de rendimiento a la hora de captar talentos.

También quiero agradecer a mi tutor de TFM, Eugenio, por el trabajo realizado conmigo, por la disponibilidad que siempre ha tenido y por las ideas que me ha ido aportando al trabajo ya que considero que es una función de gran importancia el que un tutor te aporte ideas cuando ve que estás estancado y no avanzas con este. Creo además que me ha ayudado mucho a enfocar correctamente mi propuesta, dejándome llevar el trabajo por donde yo he querido pero encauzándome cuando lo que proponía no se ajustaba con los objetivos propuestos.

Por otra parte soy consciente de las múltiples limitaciones que puede llegar a tener este trabajo, empezando porque para saber si realmente va a tener efecto o no habría que probarlo con una muestra más grande de la que proponen los estudios hasta ahora (entre 7 y 20 participantes la gran mayoría). También habría que tener en cuenta que hay otros muchos factores que pueden influir en la eficacia y potencia de golpeo al balón como ya he mencionado con anterioridad, ya que, por ejemplo la distancia lateral y más o menos adelantada de separación del pie al balón influye muy directamente a la hora de conseguir imprimir mayor velocidad a la bola, permitiendo esta una mayor inclinación para que el golpeo con el empeine sea mayor, por lo que, para mejorar la eficacia y golpeo deberíamos realizar también un trabajo de técnica con el jugador para que interiorizase la correcta colocación del pie de apoyo con respecto al balón.

Son muchos los factores que influyen en la velocidad de salida del balón, y, aunque el ROM de la extensión de la cadera y la flexión de la rodilla sean los que participan de forma más directa en la velocidad e salida del balón, sin un correcto trabajo de la técnica y sin unos patrones motores básicos adquiridos por el jugador, no sirve de mucho el trabajo de ganancias de flexibilidad y ROM, por lo que debemos

suponer que los sujetos a los que se le aplique este protocolo deben ser jugadores experimentados y no personas que se dedican a jugar al fútbol sala de forma esporádica. Además, la gran mayoría de los estudios analizados tienen como muestra a hombres, sin tener en cuenta el efecto que puede tener en las mujeres el efecto de usar estas técnicas, y más en concreto el uso del foam roller en la autoliberación miofascial.

Por todo ello coincido con de Souza et al. (2019) y asumo que los estudios futuros deberían en primer lugar analizar muestras más grandes como ya he comentado, verificar el efecto de diferentes protocolos de autoliberación miofascial en el ROM de las mujeres; y evaluar el efecto a medio y sobre todo largo plazo de la autoliberación miofascial en el ROM articular. Me centro en el uso del foam roller en esta reflexión crítica porque el uso de la FNP está más que demostrado que conlleva mejoras significativas en el ROM articular a largo plazo.

Bibliografía

- Asami, T., & Nolte, V. (1983). Analysis of powerful ball kicking. In Matsui, H., and Kobayashi, K. (eds.), *Biomechanics VIII-A & B: proceedings of the Eighth International Congress of Biomechanics, Nagoya, Japan, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, c1983*, 695-700. United States.
- Aslan, H. I. Y., Buddhadev, H. H., Suprak, D. N., & San Juan, J. G. (2018). Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), 846.
- Barfield, W. R. (1998). The biomechanics of kicking in soccer. *Clinics in sports medicine*, 17(4), 711-728
- Behara, B., & Jacobson, B. H. (2017). Acute effects of deep tissue foam rolling and dynamic stretching on muscular strength, power, and flexibility in division I linemen. *Journal of strength and Conditioning Research*, 31(4), 888-892.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374-388.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.* 33, 483–498.
- Butterfield, T.A., and Herzog, W. (2006.) Effect of altering starting length and activation timing of muscle on fiber strain and muscle damage. *J. Appl. Physiol.* 100, 1489–1498.
- Capote Lavandero, G., Rendón Morales, P. A., Analuiza, A., Fabián, E., Guerrero González, E. S., Cáceres Sánchez, C. P., & Gibert ó Farril, A. R., (2017). Efectos de la autoliberación miofascial. Revisión sistemática. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 271-283.
- Correoso Castellanos, A. (2017). *Foam-Roller como implemento para la mejora de la recuperación post-ejercicio* (Trabajo de Fin de grado). Universidad Miguel Hernández. Elche.
- Costa, P.B., Herda, T.J., Herda, A.A., and Cramer, J.T. 2014. Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 46, 586–593.
- Couture, G., Karlik, D., Glass, S. C., & Hatzel, B. M. (2015). The effect of foam rolling duration on hamstring range of motion. *The open orthopaedics journal*, 9, 450.

Cronin, J., Nash, M., & Whatman, C. (2008). The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Physical Therapy in Sport*, 9(2), 89-96.

de Souza, A., Sanchotene, C. G., Lopes, C. M. D. S., Beck, J. A., da Silva, A. C. K., Pereira, S. M., & Ruschel, C. (2019). Acute Effect of 2 Self-Myofascial Release Protocols on Hip and Ankle Range of Motion. *Journal of sport rehabilitation*, 28(2), 159-164.

Dörge, H. C., Andersen, T. B., Sørensen, H., & Simonsen, E. B. (2002). Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg. *Journal of sports sciences*, 20(4), 293-299.

Elattar, O., Choi, H. R., Dills, V. D., & Busconi, B. (2016). Groin injuries (athletic pubalgia) and return to play. *Sports health*, 8(4), 313-323.

Fernández Guerrero, E. (2016). Anatomía de la cintura pélvica. CMT. Recuperado de: <http://www.cmtosteopatia.com/es/articulos/anatom-a-de-la-cintura-p-lvica,0.html>

Ferreira, L. (2016). *Influencia de la autoliberación miofascial versus estiramientos estáticos en un programa de entrenamiento de fuerza en miembros inferiores*. (Tesis doctoral). Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport. Departamento de educación física y deportiva. Valencia.

Figuera, K. (2007). Análisis biomecánico del golpeo de balón en fútbol. eFisioterapia.net. Recuperado de: <https://www.efisioterapia.net/articulos/analisis-biomecanico-del-golpeo-balon-futbol>.

Fletcher, I. M. (2010). The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *European journal of applied physiology*, 109(3), 491-498.

García-López, J. (2014). Apuntes de "Biomecánica aplicada al fútbol" del Máster universitario de preparación física en fútbol de la Real Federación Española de Fútbol. Curso 2014-2015.

Hall, M., & Smith, J. C. (2018). The effects of an acute bout of foam rolling on hip range of motion on different tissues. *International journal of sports physical therapy*, 13(4), 652.

- Isokawa, M., & Lees, A. (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W. J. Murphy (Eds.), *Science and football* (pp. 449–455). London: E & FN Spon
- Kawamoto, R., Miyagi, O., Ohashi, J., & Fukashiro, S. (2007). Kinetic comparison of a side-foot soccer kick between experienced and inexperienced players. *Sports Biomechanics*, 6(2), 187-198.
- Kay, A. D., & Blazeovich, A. J. (2012). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(1), 154-164.
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 154-165.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: a review. *Journal of sports sciences*, 16(3), 211-234.
- Lees, A., & Nolan, L. (2002). Three-dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. *Science and football IV*, 16-21.
- Lees, A., Asai, T., Andersen, T. B., Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of sports sciences*, 28(8), 805-817.
- Lees, A., Steward, I., Rahnama, N., & Barton, G. (2009). Understanding lower limb function in the performance of the maximal instep kick in soccer. In T. Reilly & G. Atkinson (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Sport, Leisure and Ergonomics* (pp. 149–160). London: Routledge.
- López, A. M., & González-Jurado, J. A. (2012). Diferencias cinemáticas del golpeo de fútbol entre futbolistas expertos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (21), 63-66.
- Lorena, A.R. (2014). Articulación coxofemoral. Blog Anatomía. Recuperado de: <https://anatomiaui1.wordpress.com/2014/12/07/articulacion-coxofemoral/>
- MacDonald, G. Z., Penney, M. D., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D., Behm, D. G., & Button, D. C. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 812-821.

Malai, S., Pichaiyongwongdee, S., & Sakulsriprasert, P. (2015). Immediate Effect of Hold-Relax Stretching of Iliopsoas Muscle on Transversus Abdominis Muscle Activation in Chronic Non-Specific Low Back Pain with Lumbar Hyperlordosis. *Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmai het thangphaet*, 98, 6-11.

Mardones, R., Barrientos, V., Nemtala, F., Tomic, A., & Salineros, M. (2010). Pinzamiento femoroacetabular: Conceptos básicos en una nueva causa de dolor inguinal. *Revista médica de Chile*, 138(1), 102-108.

McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(2), 169-181.

Monteiro, E. R., da Silva Novaes, J., Cavanaugh, M. T., Hoogenboom, B. J., Steele, J., Vingren, J. L., & Škarabot, J. (2019). Quadriceps foam rolling and rolling massage increases hip flexion and extension passive range-of-motion. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Artículo en prensa.

Músculos de la pierna .Deportesdecidad.com .Recuperado de:<https://www.deportesdecidad.com/sistema-muscular/musculos-de-la-pierna/>

Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(12), 2028-2036.

Nunome, H., Lake, M., Georgakis, A., & Stergioulas, L. K. (2006). Impact phase kinematics of instep kicking in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 11-22.

Opplert, J., & Babault, N. (2018). Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: An analysis of the current literature. *Sports Medicine*, 48(2), 299-325.

Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Villa-Vicente, J. G., Petisco-Rodríguez, C., Ramírez-Campillo, R., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Efecto de un calentamiento con estiramientos estáticos y dinámicos sobre el salto horizontal y la capacidad para repetir esprint con cambio de dirección. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 13(47), 26-38.

Sharman, MJ, Cresswell, AG, y Riek, S. (2006). Facilitación neuromuscular propioceptiva del estiramiento. *Medicina deportiva* , 36 (11), 929-939.

Trajano, G.S., Seitz, L., Nosaka, K., and Blazevich, A.J. (2013). Contribution of central vs. peripheral factors to the force loss induced by passive stretch of the human plantar flexors. *J. Appl. Physiol.* 115, 212–218.

Winters, M. V., Blake, C. G., Trost, J. S., Marcello-Brinker, T. B., Lowe, L., Garber, M. B., & Wainner, R. S. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Physical therapy*, 84(9), 800-807