Máster Universitario de Fisioterapia del Deporte y Readaptación de la Actividad Física

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

(Estudio clínico)

2017-2018

Eficacia de la Neuromodulación Percutánea Ecoguiada en la activación de los abductores de cadera en tenistas: ECA

Título breve: Eficacia de la NMP-e en abductores de cadera en tenistas.

Autor/es: Miguel Lozano Ramos

e-mail de contacto: miglozram@gmail.com

Tutor/es: Antoni Morral Fernández

ÍNDICE

Agradecimientos 4

RESUMEN 5

Palabras clave 5

Keywords 6

MARCO TEÓRICO (Revisión Bibliográfica, *"Estado del Arte"*) 7

Introducción 7

Objetivos del Marco Teórico ("Revisión Bibliográfica" o "Estado del Arte") 8

Revisión bibliográfica 8

Material y Métodos (Procedimientos de la revisión bibliográfica) 8

Síntesis de resultados de la revisión 9

Conclusiones de la revisión bibliográfica 21

MARCO PRÁCTICO: Estudio científico – PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO 23

1 – Objetivos 23

2 – Diseño y Descripción del estudio 23

3 – Variables a estudiar 25

4 – Acciones a realizar durante el estudio 27

5 – Técnicas previstas de análisis de los datos 31

6 – Financiación del estudio 32

7 – Limitaciones del estudio 33

8 – Resultados esperados 34

MARCO PRÁCTICO: Estudio científico – REALIZACIÓN DEL ESTUDIO 35

Resultados 35

Discusión 37

Conclusiones 41

Previsión de traslación a la práctica clínica 41

ANEXOS I – Marco Teórico 42

Tablas 42

Ilustraciones 61

Imágenes 69

ANEXOS II – Marco Práctico – Diseño 71

Tablas 71

Formularios de requerimientos bioéticos 74

Formulario de recogida de datos (o cuaderno de recogida de datos) 82

ANEXOS III – Marco Práctico - Resultados 86

Gráficos 86

BIBLIOGRAFÍA 89

Agradecimientos

Gracias a Marlen Moreno Martínez por su dedicación, disposición y apoyo durante todos estos meses.

A Antoni Morral Fernández, por su total disponibilidad en los momentos más delicados de la investigación.

A Manuel Alcantarilla Pedrosa y a Ángel Yáñez Álvarez, compañeros y amigos de AY 360º Salud & Deporte, por las facilidades y consejos durante todo este año.

A Nacho Díaz Reyes, CEO y creador de mDurance, por enseñarme y cederme esta maravillosa herramienta de valoración como es su electromiógrafo.

Y por supuesto, a mis familiares, amigos y compañeros que sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) se define como la estimulación eléctrica a través de una aguja con guía ecográfica de un nervio periférico en algún punto de trayecto con objetivos analgésicos y de mejora de la función muscular. Desarrolla una metodología novedosa de tratamiento cuyas bases son extraídas de procedimientos como la estimulación eléctrica nerviosa percutánea (PENS) o la electroacupuntura, a través de abordajes precisos y seguros gracias a la ecografía.

OBJETIVOS: Los objetivos del estudio será comprobar la eficacia de la NMP-e sobre el nervio glúteo superior en la mejora de la fuerza y la actividad muscular en los abductores de cadera, la reducción del ángulo Q de la rodilla, evaluar el incremento de la agilidad, y evidenciar el grado de satisfacción tras la realización de la técnica.

DISEÑO: Se realiza un ensayo clínico controlado aleatorizado, incluyendo a n= 8 tenistas de alto rendimiento en activo y sin lesiones en extremidad inferior, en las instalaciones de la Federación Andaluza de Tenis.

MEDICIONES PRINCIPALES: Se evalúa la fuerza, la actividad muscular, el ángulo Q de rodilla y la agilidad mediante la toma de la media, máximo, mínimo, desviación estándar y p-valor < 0,05. Por último, se valora el grado de satisfacción mediante porcentajes.

RESULTADOS: No se obtuvieron mejorías estadísticamente significativas tras la aplicación del procedimiento en las variables principales. El grado de satisfacción tras la realización de la intervención fue óptimo.

CONCLUSIONES: La técnica NMP-e con los parámetros estudiados parece no ser una herramienta útil para la mejora del rendimiento deportivo en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

Palabras clave

Neuromodulación, estimulación eléctrica nerviosa transcutánea, glúteo medio, tenis.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Ultrasound - guided Percutaneous Neuromodulation (NMP-e) is defined as the electrical stimulation of one point of a peripheral nerve by an ultrasound-guided needle for analgesic purposes in order to improve muscle function. NMP-e develops a new treatment methodology whose bases are extracted from procedures such as percutaneous electrical nerve stimulation (PENS) or electroacupuncture, through precise and safe approaches thanks to ultrasound.

OBJECTIVES: The aim of the study is to verify the evidence of the efficacy of NMP-e on the superior gluteal nerve in order to improve strength and muscle activity in the hip abductors, reduce the knee Q angle, evaluate the increase in agility, and show the degree of satisfaction with the performance of the technique.

DESIGN: A randomized controlled clinical trial was conducted, including 8 high performance active tennis players without injuries in the lower limb, at the facilities of the Andalusian Tennis Federation.

MAIN MEASUREMENTS: Strength, muscle activity, Q knee angle and agility are evaluated by taking the mean, maximum, minimum, standard deviation and p-value <0.05. Finally, the degree of satisfaction is assessed by percentages.

RESULTS: No statistically significant improvements were obtained due to the application of the procedure in the main variables. The degree of satisfaction with the performance of the intervention was optimal.

CONCLUSIONS: NMP-e technique, developed according to the parameters studied, seems to be a useless tool for the improvement of athletic performance in young high performance tennis players.

Keywords

“Neuromodulation”, “transcutaneous electrical nerve stimulation”, “gluteus medius”, “tennis”.

MARCO TEÓRICO (Revisión Bibliográfica, *"Estado del Arte"*)

Introducción

El tenis es un deporte practicado en todo el mundo que requiere de unas condiciones físicas, técnicas y mentales óptimas para poder desarrollarse al más alto nivel. Los jugadores centran su preparación en la mejora de estos tres aspectos y de esta manera lograr un realce de su rendimiento. El éxito depende, en gran medida, de mantener una prevención de las múltiples lesiones a las que son expuestos y de conseguir una excelencia a nivel de rendimiento en todas sus acciones en la pista.

A pesar de los esfuerzos de entrenadores y preparadores, las lesiones aparecen en casi la totalidad de los jugadores. Esto conlleva una reducción del rendimiento, o incluso la necesidad de abandonar partidos debido a lesiones sufridas. Las lesiones más frecuentes, tanto en hombres como en mujeres, se producen en las extremidades inferiores, siendo la rodilla y el tobillo las zonas con mayor incidencia lesional, y los problemas articulares la tipología más común. Existe una musculatura con una importante relevancia común en estas lesiones, y que en muchas ocasiones pasa desapercibida en los protocolos de valoración y trabajo. No es otra que el grupo muscular abductor de la cadera, y en especial el glúteo medio. Gran responsable de la estabilidad de miembros inferiores en el plano frontal y de gestos técnicos específicos del tenis, como son los cambios de dirección y las frenadas.

Ante la importancia biomecánica de este complejo muscular nos planteamos la idea de trabajar para optimizar su rendimiento mediante una técnica novedosa de reciente aparición. Realizaremos una estimulación sobre el nervio glúteo superior, responsable de la inervación de glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata, con el objetivo de conseguir un cambio en su función muscular. La Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) es una técnica invasiva guiada por ecografía en la que con la utilización de una aguja de punción seca o acupuntura aplicamos una estimulación eléctrica a un nervio periférico o a un punto motor, con objetivo analgésico o de optimización de la función muscular. No existe evidencia científica publicada que ampare el planteamiento propuesto mediante esta técnica, en cambio, de otras terapias invasivas, como son la punción seca o la electroacupuntura, se han realizado investigaciones con objetivos muy similares.

Una gran ventaja e introducción novedosa de esta técnica es el empleo de la guía ecográfica para la localización de las estructuras nerviosas y vasculares, otorgándole de esta manera una elevada seguridad y precisión a los procedimientos.

Objetivos del Marco Teórico ("Revisión Bibliográfica" o "Estado del Arte")

Objetivo principal del Marco Teórico

- Revisar la evidencia científica sobre la utilización de la Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) con objetivos de mejora de rendimiento o de la función muscular.

Objetivos secundarios del Marco Teórico

- Comparar artículos sobre otras terapias invasivas aplicadas con objetivos de mejora de rendimiento o de la función muscular.
- Lograr referencias bibliográficas sobre la importancia de los abductores de cadera en la estabilidad de miembros inferiores.
- Obtener referencias bibliográficas sobre la relevancia de los abductores de cadera en el rendimiento en el tenis.

Revisión bibliográfica

Material y Métodos (Procedimientos de la revisión bibliográfica)

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA (Bases de datos y palabras clave):

Para llevar a cabo la realización de esta revisión se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed y Science Direct.

Las palabras clave utilizadas términos MeSH (y sus equivalentes al castellano DeCS) fueron "*Transcutaneous Electric Nerve Stimulation*", "Physical Therapy Modalities", "*ultrasonography*", "*anatomy*", "*postural balance*", "*epidemiology", "wounds and injuries", "tennis", "muscles",* y términos no MeSH: *"neuromodulation", "ultrasound - guided", "superior gluteal nerve", "dry needling", "thickness", "weakness", "force", "gluteus medius", "single leg squat", "Evaluation", "performance", "agility", "velocity", "change of direction", "muscular", "kinovea", "nerve block", "sciatic", "femoral", "axillar", "force"* , "*electromyography*" todas ellas combinadas con los operadores booleanos AND, OR, NOT. Las ecuaciones de búsqueda utilizadas pueden ser consultadas en la Tabla 1

La búsqueda se realizó en base a todos aquellos artículos publicados en revista indexada (Q1, Q2, Q3, Q4) con texto completo disponible en lengua inglesa o castellana de los últimos 5 años (desde 2013 hasta 2018), en la mayoría de los casos. A veces hemos tenido que recurrir a artículos de años anteriores debido a que existía poca bibliografía al respecto. Se incluyeron investigaciones en seres humanos, en animales de investigación y simulaciones de ordenador, con diseño de intervención, ensayo clínico o revisión.

La búsqueda inicial se fue acotando mediante la utilización de los filtros especificados y la lectura de los títulos y resúmenes de los artículos seleccionados para analizar la correspondencia de la temática de cada uno de los artículos con el tema principal de la investigación.

- PubMed: Al introducir las palabras clave se obtuvieron 2598 artículos, que al ser cribados con los filtros citados anteriormente (año de publicación, idioma y seres humanos o animales de experimentación) quedaron reducidos a 84.
- Science Direct: Al introducir las palabras clave se obtuvieron 1304 artículos, que al ser cribados con los filtros citados anteriormente (año de publicación, idioma y seres humanos o animales de experimentación) quedaron reducidos a 39.

Tras analizar los títulos y resúmenes se incluyeron aquellos artículos que cumplieran los criterios de inclusión y se excluyeron los que presentaban algún criterio de exclusión (Ilustración 1).

SELECCIÓN DE ARTÍCULOS (Criterios de inclusión y exclusión de los artículos)

Los criterios para incluir los artículos fueron, aparte de los filtros especificados, que incluyeran en su temática los aspectos “neuromodulación”, “estimulación nerviosa percutánea”, “estimulación nerviosa transcutánea”, “debilidad glúteo medio”, “ecoguiado”, “nervio glúteo superior”, “rendimiento”, “tenis”; los artículos incluidos debían cumplir con los criterios de lectura crítica (CASPe, Strobe, CONSORT, PRISMA, etc., según su tipología). Los criterios para excluir artículos fueron el no cumplimiento de algún criterio de inclusión y artículos que estudiaran los aspectos como “patologías del tendón del musculo glúteo medio”, “estimulación transcutánea”, “dispositivos implantados”, “cirugía”, “patología neurológica o traumática”.

Tras todo este proceso de búsqueda en los diferentes buscadores y después de la eliminación de duplicados (ver Tabla 2 de los anexos) se realizó el proceso de lectura crítica de los artículos restantes. Acabado el proceso de lectura crítica completa de los artículos seleccionados, finalmente se utilizaron 62 artículos para la presente revisión hallados en PubMed y Science Direct, 14 de esos artículos se obtuvieron a partir de la bibliografía de otros artículos o a raíz de sugerencias de Pubmed y Science Direct, como se detalla en el diagrama de flujo de la Ilustración 2 de los anexos.

Síntesis de resultados de la revisión

La presente revisión bibliográfica analizó 3902 artículos y 5 libros en las diferentes bases de datos mencionadas anteriormente. De todas las publicaciones analizadas, únicamente 62 artículos y 2 libros cumplían los criterios de inclusión especificados para la revisión. El análisis detallado de cada artículo incluido en la revisión se detalla en la Table 3 de los anexos.

RENDIMIENTO Y GESTO DEPORTIVO DEL TENISTA

Los tenistas de alta competición necesitan una mezcla de cualidades de aptitud como son la velocidad, agilidad, capacidad de sprint repetidos, cambios de dirección y potencia, combinada con una importante aptitud aeróbica [1–3]. Si el deportista no se encuentra en una buena condición, características esenciales en el tenis como la técnica, la coordinación, la concentración y la táctica, podrían verse mermadas en situaciones de fatiga prematura en partidos largos [2].

El tenis implica esfuerzos intermitentes de alta intensidad intercalados con periodos de actividad de baja intensidad [1,2]. El tenista recorre de media 3 metros en cada golpe y un total de 8 a 15 metros en la consecución de un punto, completando de 1.300 a 3,600 metros por hora de juego. El número de cambios de dirección por punto es de 4 [1,2,4]. La mayoría de las situaciones de juego, tanto de golpes como de cambios de dirección, son bastante breves y requieren un desarrollo rápido de la fuerza muscular [2].

Las situaciones de cambios de ritmo, por lo tanto, asumen un papel crucial en el desarrollo del juego en el tenis. La capacidad de desacelerar eficientemente debe ser tan importante como la capacidad de acelerar, debido a que el profesional debe situarse en una posición óptima para golpear la bola [3]. La actividad muscular de la extremidad inferior durante esta tarea aumenta en comparación con las de ejecución en línea recta. Esta actividad aumentada ayuda a mantener la estabilización de miembros inferiores, en especial a nivel de la rodilla, en respuesta al varo/valgo en los momentos de rotación de la rodilla[5]. Cuando el nivel de exigencia sube, la fatiga suele aparecer. Si la musculatura, no es capaz de responder a estas situaciones de estrés debido a la falta de preparación, el riesgo de lesiones, a nivel de miembros inferiores, aumenta en estos tenistas [3,5].

EPIDEMIOLOGIA DE LESIONES EN EL TENIS

El tenis es un deporte popular con decenas de millones de jugadores en todo el mundo[6]. La temporada actual de tenis profesional exige que los jugadores cambien entre las tres superficies de pista en muy poco tiempo y desafía su capacidad de adaptarse y continuar jugando sin sufrir lesiones[7]. Los datos muestran que la mayoría de las lesiones en el tenis ocurren en la extremidad inferior (31% - 67%), seguida de la extremidad superior (20% - 49%) y por último, en el tronco (3% - 21%)[6,8].

Estos datos son reafirmados en estudios realizados en algunos de los torneos más importantes del circuito profesional. McCurdie, I. et al[7], analizaron las lesiones producidas en el torneo de Wimbledon Grand Slam durante los años 2003 a 2012. Destaca que la extremidad inferior es la zona con mayor incidencia de lesiones tanto en hombres como en mujeres, con un 47% y un 49% respectivamente. Encontramos datos parecidos en hombres y en mujeres en cuanto a las lesiones en la extremidad superior, 28% en hombres y 23% en mujeres, y en el tronco, 25% en hombres y 28% en mujeres[7]. Relacionando estos datos con nuestro estudio, destaca en hombres

que en miembros inferiores el alto porcentaje sobre el total de la localización de lesiones en la rodilla, 12%, en la cadera, 10%, y en el tobillo, 8%. Sin embargo, la zona con mayor incidencia lesional la localizamos en la zona lumbar con un 13%, junto con el hombro, 14%. En mujeres encontramos datos parecidos, alta incidencia en rodilla con un 13% y en tobillo, 8%. También cabe resaltar el porcentaje alto en la zona lumbar con un 12%.

Gaw, Christopher E. et al. [9] estudiaron durante los años 2011 y 2016 la incidencia de lesiones en el Australian Open Grand Slam. Resultados similares al estudio anterior afirman que la lesión masculina más común durante el periodo de 6 años era la rodilla, seguida del tobillo y del muslo. En mujeres, el hombro fue la localización más común, seguido del pie, la muñeca y la rodilla. Llama la atención el aumento de la incidencia en lesiones de tobillo en los últimos años. Dentro del tipo de lesión, las lesiones a nivel articular tienen una gran importancia, ya que las encontramos en tercer lugar, por debajo de las lesiones musculares y tendinosas. Esto se debe a la alta intensidad y a la naturaleza repetitiva de los movimientos que ejerce una gran presión sobre los músculos, tendones y articulaciones. De estas lesiones, las que más fueron tratadas durante el torneo, y que como consecuencia, mayor coste tuvieron, fueron las lesiones articulares y las de cartílago. [9]

Estos datos nos hacer ver la importancia de la prevención en las lesiones. Como hemos observado, un gran número de lesiones se producen en articulaciones de miembros inferiores, como son la cadera o el tobillo, y que la incidencia de lesiones a nivel lumbar también es alto.

CONSECUENCIAS DEBILIDAD GLUTEO MEDIO

Diversos estudios han afirmado que existe una relación entre la debilidad o disfuncionalidad del glúteo medio (GM) y diversas lesiones de las extremidades inferiores(10). Entre otras, destacamos: marcha en Trendelemburg, Síndrome de Dolor Fémoro – Patelar, lesiones de Ligamento Cruzado Anterior (ACL) y otras lesiones de la rodilla y de tobillo[10].

Uno de los síndromes más característicos es el de dolor fémoro – patelar. El glúteo medio controla la pelvis durante los movimientos dinámicos de la extremidad inferior y contrarresta la acción de la gravedad en el apoyo monopodal. Cuando el glúteo medio se encuentra debilitado pueden ocurrir fenómenos como dolor en la cara lateral de la cadera, síndrome de fricción de la banda iliotibial o síndrome de dolor fémoro - patelar[11]. Biomecanicamente, ante esta debilidad, el fémur tiende a aducir y rotar medialmente, provocando un aumento del valgo de rodilla y una pronación excesiva del pie, lo que se denomina colapso medial de la extremidad inferior, causa principal también de la mayoría de lesiones de Ligamento Cruzado Anterior producidas sin contacto directo[12]. Se produce un aumento del ángulo Q de la rodilla. El ángulo Q se define como el ángulo formado por la intersección de la línea imaginaria trazada desde la espina iliaca anterosuperior (EIAS) con el centro de la rótula y la línea que va desde la mortaja tibial hasta el centro de la rótula. El valgo de rodilla puede aumentar este ángulo Q, ya que la rótula se desplaza medialmente con respecto a la EIAS. Esto puede ser debido a una aproximación excesiva tibial, o bien, por una aducción exagerada femoral[12]. El tensor de la fascia lata (TFL) comparte sinergia con el glúteo a

la hora de estabilizar la pelvis, pero presenta componente de rotación interna. Ante la debilidad glútea, el TFL tiende a compensar generando una mayor rotación interna de cadera junto con una lateralización de la rótula, por su conexión directa con la banda iliotibial, lo que se ha asociado con una fricción de esta y con el síndrome de dolor fémoro - patelar[11,12]. También se le suma la sobreactividad del aductor largo característica en este tipo de pacientes[13]. Kim, Daehan et al. [14] confirman esta teoría argumentando que los pacientes con síndrome de dolor fémoro – patelar presentan una mayor caída pélvica y valgo de rodilla en comparación con participantes sanos, unido a un retraso en la activación del glúteo medio.

Cooper, Nicholas A. et al[15] exponen otra de las posibles consecuencias clínicas de la debilidad a este nivel. En su investigación afirman que la debilidad del glúteo y su alta sensibilidad está presente en la mayoría de pacientes con dolor lumbar crónico inespecífico. El fortalecimiento y estabilización, a este nivel, resultó ser efectivo para mejorar el dolor y la función en este tipo de patología.

A nivel del tobillo, la activación del glúteo medio parece ser un mecanismo anticipatorio para evitar lesiones a este nivel. El velocidad de reclutamiento es mayor en pacientes sanos que en pacientes que han sufrido esguinces de repetición [16]. Por lo tanto, implementar trabajo en el glúteo medio y en el glúteo superior puede ayudar a prevenir futuras lesiones en el tobillo.

RECUERDO ANATOMICO

Nervio glúteo superior

El nervio glúteo superior (SGN) surge del plexo sacro por las divisiones dorsales de las ramas ventrales de la cuarta, quinta lumbar y primeros nervios sacros. Se forma dentro de la pelvis y emerge a través del foramen ciático mayor (GSF) por encima del piriforme. Se divide en ramas superiores e inferiores en su curso posterior. La rama superior termina en el glúteo medio y ocasionalmente en el glúteo menor. La rama inferior suministra los glúteos medio y menor y termina en el tensor fascia lata [17–19]. Estos músculos trabajan concéntricamente para abducir la cadera, estabilizar la cadera y mantener la pelvis horizontal durante el apoyo a una sola pierna[18]. *(*Imagen 1*)*

Según los datos analizados en el estudio de Ray B. et al. [19], la distancia entre el tubérculo mayor de la cadera y la aparición del nervio glúteo superior por debajo del musculo glúteo medio es de 5.82 ±1.76 cm. En una visión ecográfica, podemos localizarlo a este nivel entre los músculos glúteo medio y menor, acompañado por la arteria glútea superior [20].

Este nervio a menudo sufre lesiones en las intervenciones quirúrgicas que se realizan en la articulación de la cadera. El abordaje anterior de la articulación de la cadera se aprovecha del plano interfascial entre el sartorio (femoral nervio) y tensor de la fascia lata (nervio glúteo superior). La mayoría de los procedimientos en la cadera se pueden realizar a través de este enfoque, como por

ejemplo, procedimientos como artritis séptica o displasia de cadera en cirugía ortopédica pediátrica, e intervenciones de la cabeza o cuello femoral en pacientes adultos. [17]

Glúteo medio

El glúteo medio (GM) es un músculo ancho y grueso ubicado en la superficie exterior de la pelvis. Tiene fibras anteriores, medias y posteriores, es curvo y tiene forma de abanico y se estrecha en un fuerte tendón. Con su origen en la superficie exterior del hueso ilíaco entre las líneas glúteas media y posterior, el GM se inserta en la superficie lateral del trocánter mayor del fémur[10,21]. Se encuentra inervado por el nervio glúteo superior[17]. El GM abduce la articulación de la cadera a la vez que las fibras anteriores contribuyen la flexión y rotación interna de la cadera y las fibras posteriores contribuyen a la extensión y rotación externa de la cadera. Es responsable de mantener la pelvis equilibrada durante la marcha, evitando la caída de la cadera contraria, lo que se conoce comúnmente como marcha de Trendelemburg, y además desempeña un papel importante en la estabilización frontal de la pelvis durante la marcha[10]. Esta acción se produce principalmente en la fase de apoyo, aunque también involucra un esfuerzo combinado de los músculos glúteo mayor, glúteo menor y tensor de la fascia lata (TFL)[22]. Es de vital importancia en otras actividades funcionales, como pueden ser las situaciones de apoyos monopodal[10], muy característica en los deportes de raqueta a la hora de realizar cambios de ritmo o de dirección, y durante las frenadas.

Glúteo menor

El glúteo menor se localiza profundo y cubierto por el glúteo medio. Se origina mediante una inserción carnosa entre las líneas glúteas inferior y anterior. Sus fibras se agrupan e insertan en la parte anterior del vértice del trocánter mayor. Los dos músculos glúteos actúan similar al deltoides. La función principal es la de abducción de la articulación de la cadera. El glúteo menor, al estar situado más hacia anterior, presenta un mayor componente de rotación medial[23]. Se inervación corre a cargo del nervio glúteo superior[17].

Tensor de la fascia lata

El Tensor de la Fascia Lata (TFL) es un músculo plano, delgado y corto. Tiene un origen tendinoso a nivel de la Espina Iliaca Antero Superior (EIAS), cubre la cara superolateral del muslo y alcanza el tubérculo de Gerdy del cóndilo lateral de la tibia mediante un largo tendón que forma la cintilla iliotibial. Su acción es la de flexión, abducción y rotación medial del muslo[17,21]. Está inervado por el nervio glúteo superior[17]. Actúa de manera sinérgica con el glúteo medio, que es el estabilizador principal de la cadera en el plano frontal, y a través de la cinta iliotibial ejerce de estabilizador de la rodilla en extensión y rotación interna[24].

FISIOTERAPIA INVASIVA Y FUNCIÓN MUSCULAR

Diversos estudios han planteado la hipótesis de la mejora de la función muscular a través de terapias invasivas, como resultado de la inhibición de los puntos gatillos miofasciales (PGM) [25–28] o como consecuencia de la estimulación o neuromodulación percutánea de nervios [29]. Estas técnicas son la punción seca y la electroacupuntura, respectivamente. Pero hasta ahora, el efecto de estas técnicas sobre la función muscular no se ha estudiado lo suficiente [25,27–29].

La punción seca es una técnica de fisioterapia invasiva que consiste en insertar agujas solidas finas en áreas del músculo que presentan anormalidades motoras, como es el caso de la presencia de puntos gatillos miofasciales, en un intento de aliviar la sintomatología y restaurar la función muscular[25]. La presencia de PGM parece influir en la perdida de la función muscular de dichos músculos[27]. El mecanismo por el cual la punción seca puede ejercer sus efectos sigue sin estar claro. Según las últimas investigaciones, se afirma que el efecto mecánico que implica la inserción en estos lugares de la aguja genera una interrupción de la contracción de los nódulos en el interior de las bandas tensas, estiramiento localizado del citoesqueleto de las estructuras contraídas, y la reducción de la superposición de la actina y la miosina [27]. Puentedura, Emilio J. et al. [25] concluyen que la fuerza muscular se basa en la capacidad del sistema nervioso para activar a través de la unidad motora de reclutamiento y que la punción seca puede causar cambios en la excitabilidad neuromuscular. La punción activa las fibras nerviosas motoras, en lugar de las fibras del musculo, y esta estimulación a nivel nervioso tiene una mayor excitabilidad que una estimulación a nivel muscular.

Dar, G. et al.[28] realizaron un estudio para investigar si se producían cambios en el grosor y en la función muscular en los multífidos lumbares tras una aplicación de punción seca en varios segmentos. Observaron un ligero aumento en el grosor muscular desde el reposo hasta la activación. Esto implica que la punción puede estimular y/o activar las fibras nerviosas motoras y como resultado obtenemos un aumento de la activación muscular. En una investigación parecida, estudiaron si se producía un aumento de la activación muscular del musculo transverso del abdomen tras realizar punción seca en los multífidos lumbares. Observaron un aumento en el grosor en el momento de la contracción de los multífidos y también a nivel del transverso del abdomen, lo que nos lleva a pensar que la punción seca beneficia la capacidad de contracción muscular[25].

Una manera relativamente novedosa de medir la función y la actividad muscular en la clínica es mediante la ecografía musculoesquelética[27,28]. La medición del grosor del músculo durante la contracción, en relación con su espesor de reposo, proporciona una medida indirecta de la función del músculo[26,27].

La otra terapia invasiva es la electroacupuntura, se trata de una técnica invasiva basada en la Medicina Tradicional China y en el pensamiento oriental donde se aplica corriente eléctrica a agujas insertadas en los puntos de acupuntura descritos, con el objetivo de reducir el dolor. Huang, L. et al. [29] van más allá y quieren demostrar el posible efecto de la técnica sobre la actividad muscular. Colocan dos agujas en los puntos Zusanli y Xiajuxu, los cuales pasan exactamente por

encima del nervio peroneo profundo, encargado de inervar a los dorsiflexores de tobillo. Obtienen mejora en la fuerza de estos músculos y les lleva a pensar que pueden haber estimulado al tronco nervioso y esto causar un efecto de entrenamiento.

Estudiados estos dos paradigmas, nos planteamos la posibilidad de obtener los mismos resultados en nuestros deportistas aplicando la técnica de NPM-e. A través de esta terapia, obtenemos una normalización del tono muscular debido a modulación de las fibras nerviosas motoras, como bien pasaba en la punción seca, que provocaría una inhibición de los PGM activos o latentes. La electroacupuntura también respalda nuestra teoría, como hemos visto en el último estudio[29], ya que se realiza una estimulación muy parecida a la que se ejecuta en la técnica de NMP-e, pero sin el uso de la ecografía musculoesqueletica.

NEUROMODULACION

La técnica de Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) se define como la estimulación eléctrica a través de una aguja con guía ecográfica de un nervio periférico en algún punto de trayecto o en musculo en un punto motor con un objetivo terapéutico [20] .

La aplicación se basa en la estimulación con una aguja de punción asociada a una corriente eléctrica de baja o media frecuencia buscando una respuesta sensitiva y/o motora al estimular el nervio periférico, y logrando una respuesta motora al estimular el punto motor (respuesta no controlada, anárquica y exagerada que se normaliza tras la aplicación)[20] .

Le elevada variabilidad descrita sobre los parámetros de aplicación han llevado a los autores a elaborar una metodología de trabajo basada en la integración de la evidencia clínica y la científica existente [20,30,31]. Se recomienda la estimulación del punto motor con una corriente de 10 Hz buscando la respuesta sensitiva y/o motora con un tiempo de aplicación de 1-1,5 min[20].

Los objetivos principales de la neuromodulación son disminuir el dolor, restablecer la función del sistema nervioso y mejorar la función neuromuscular, los patrones de reclutamiento muscular y el control motor [20].

La estimulación de los nervios periféricos se describió inicialmente para tratar el dolor hace más de 2,000 años con el uso de la carga eléctrica generada por el Pez Torpedo[31,32].Desde hace más de 50 años, la estimulación eléctrica del tronco nervioso periférico y del musculo a través de su punto motor es una estrategia terapéutica para el abordaje del dolor crónico [20]. Se han propuesto muchas hipótesis para explicar los efectos analgésicos de la estimulación, pero la "teoría de la puerta de control" de Melzack y Wall es la teoría más común y aceptada. En 1967, estos autores describieron cómo las fibras nerviosas periféricas aferentes mielinizadas de gran diámetro se activaban mediante corriente eléctrica que, a su vez, impedía la conducción de la señal dolorosa (la "puerta") dentro de la médula espinal, al sistema nervioso central[31,32]. Al poco tiempo, los doctores Wall y Sweet plantearon la hipótesis de que estimulando las neuronas aferentes primarias se podía

obtener analgesia[32]. Estos señores implantaron de forma quirúrgica diferentes electrodos alrededor de los nervios mediano y ulnar en una paciente que presentaba síndrome de dolor regional complejo. Lo que observaron fue un hormigueo agradable acompañado de la desaparición del dolor[20].

Esta estimulación eléctrica percutánea, a nivel periférico, comenzó a utilizarse con sistemas desarrollados originalmente para estimulación espinal, que únicamente se empleaban en nervios periféricos para la investigación[33]. Los principales inconvenientes de estas aplicaciones son que suelen fallar debido a las complicaciones que supone el utilizar cables de plomo, como su fractura o migración, ya que no están específicamente diseñadas para ser utilizadas en la periferia. Además la naturaleza invasiva de los cables de plomo suponía ser introducidos por un profesional de manera quirúrgica, para lograr un acceso preciso, cercano a los ≤2 mm con el nervio. Esto llevaría un coste económico importante[31,33].

Podríamos evitar estas limitaciones mediante la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS), pero la estimulación de las fibras del dolor de los receptores cutáneos limita la cantidad tolerada por el paciente[31].

Una técnica que tiene como objetivo la analgesia o bien la mejora de la actividad muscular debe administrarse de manera óptima sin la necesidad de realizar una incisión quirúrgica para su inserción o su extracción. Esto podríamos lograrlo situando electrodos de muy pequeño calibre con una estrecha proximidad al nervio a través de una aguja colocada percutáneamente[31,33,34]. De esta manera conseguimos estimular de manera selectiva las fibras del nervio con el objetivo que nos propongamos. Podemos descubrirlo realizando disecciones quirúrgicas del nervio, observando su topografía neural, y situando electrodos en diferentes zonas del recorrido neural y de este modo, observar su respuesta[20,33].

Imprescindible es el uso de la ecográfica para guiar la aguja hacia el nervio de manera precisa, segura y de efectiva [35], en la mayoría de los casos utilizando los puntos de referencia y enfoques generales empleados en los bloqueos nerviosos perineurales. La primera estimulación percutánea del nervio periférico guiada por ecografía fue realizada por Huntoon en 2009[31].

Reuniendo todos estos conceptos, la técnica se describe de forma pionera por los autores Valera y Minaya a partir de los fundamentos de la punción seca segmentaria y la acupuntura neurofuncional, concepto creado por el Dr. Elorriaga.

El Dr. Elorriaga creó un concepto a través de sus conocimientos en acupuntura y electroacupuntura, y adaptándolo a los conocimientos científicos occidentales de anatomía y neuroanatomía. Diversos estudios recogen cómo casi la totalidad de los puntos de acupuntura coinciden con el trayecto de troncos nerviosos[29,36,37]. Huang, L. et al., van más allá, afirmando que casi el 50% de los puntos de acupuntura se encuentran en el trayecto de los principales troncos nerviosos, y el resto se sitúan a menos de 0,5 cm de nervios y puntos motores[29]. Esto nos lleva a determinar una relación anatómica directa entre la acupuntura, electroacupuntura y la neuromodulación actual que venimos realizando.

Podemos explicar la punción seca segmentaria como una modalidad de tratamiento para pacientes que presentan dolor crónico y/o sensibilización espinal segmentaria (SES). La SES es un estado hiperactivo del asta dorsal causado por el bombardeo de impulsos nociceptivos desde el tejido sensibilizado o dañado. La SES se asocia consistentemente con estadios de dolor musculoesquelético, de ahí su importancia. La sensibilización espinal segmentaria se determina por los hallazgos de alodinia, hiperalgesia y sensibilidad dolorosa a la presión medible en las áreas sensoriales, motoras y esqueléticas, así como en la víscera inervada por un segmento espinal concreto (el dermatoma, el miotoma, el esclerotoma, y el viscerotoma respectivamente). Podemos poner un ejemplo: los puntos gatillo miofasciales (PGM) pueden incrementar la excitabilidad de las neuronas del asta dorsal, dando lugar a hiperalgesia y alodinia al igual que abrir conexiones sinápticas previamente ineficaces, resultado en nuevos campos receptivos y dolor referido. De igual manera, las neuronas del asta dorsal pueden sufrir cambios neuroplásticos como resultado de una nocicepción crónica. Sin embargo, estos cambios también pueden ocurrir en centros superiores del cerebro si el dolor permanece no resuelto durante un periodo de tiempo prolongado. Una vez llegado a este punto, el tratamiento convencional muchas veces no resuelve el problema definitivo, los pacientes al poco tiempo vuelven a venirnos a la consulta. Será por lo tanto necesario realizar un tratamiento a nivel central para poder abordar a estos pacientes con tales afectaciones de dolor crónico. La punción seca segmentaria, y en consecuencia, la neuromodulación en esos niveles puede ser una herramienta muy útil para mejorar la sintomatología en este tipo de individuos[20].

BLOQUEOS DE NERVIOS

La intervención percutánea de la neuromodulación no es un proceso novedoso en cuanto a su naturaleza invasiva. Muchos de los abordajes, por no decir la totalidad, toman ejemplo de los bloqueos nerviosos propuestos por médicos y anestesistas [38–42].

La introducción del uso del ecógrafo para realizar los bloqueos nerviosos ha supuesto un avance importante en cuanto a la metodología, eficacia y seguridad de las intervenciones[39]. Los últimos estudios se centran en comparar la eficacia de realizar el bloqueo guiados por la estimulación eléctrica y la respuesta producida por el nervio en cuestión o realizar bloqueos guiados por ecografía. Casi todos los autores coinciden que se obtiene mayor beneficio realizándolo mediante guía ecográfica. Los científicos se basan en la menor incidencia de parestesias y punción vascular [40], la reducción del tiempo de ejecución [39,40], la obtención del bloqueo al primer intento y con menor número de pinchazos [38,39], aumento del área de bloqueo sensorial [38] y que en el caso de existir variantes anatómicas, el ecógrafo nos permite visualizarlas [39].

Algunos ejemplos de abordajes similares para bloqueos nerviosos y para Neuromodulación Percutánea Ecoguiada son el bloqueo del nervio supraescapular a través de la escotadura en eje corto [42], el bloqueo del nervio axilar en eje corto [41], bloqueo del nervio ciático en eje corto o eje largo [39], el bloqueo del nervio femoral acompañado del paquete vasculonervioso [38], o a nivel del nervio que nos ocupa, el glúteo superior [18,43–45].

Hemos encontrado varios estudios donde los autores realizaban bloqueos a nivel del nervio glúteo superior con el objetivo de evidenciar el papel de los abductores de cadera en ciertas actividades como son el test de Trendelemburg o la marcha [43,45]. No se observaron cambios importantes durante la marcha ni en la realización del test. La posible explicación que encontraron los autores es que tal vez el déficit inducido en la musculatura abductora no fue lo suficiente para provocar cambios biomecánicos visibles. Si expusiésemos a los sujetos a pruebas donde se requiera de mayor activación de esta musculatura, como es el caso del SLS, posiblemente sí podrían observarse déficit [43].

VALORACIÓN DE LA RESPUESTA MUSCULAR Y DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO

Valoración abductores de cadera

La valoración de la función de los abductores de cadera, y en especial del GM requiere de la inclusión de evaluaciones isométricas o isocinéticas, así como test funcionales para valorar adecuadamente la capacidad de los atletas para controlar y producir altos niveles de fuerza con el GM[10].

Podemos objetivar su fuerza con la ayuda de un dinamómetro realizando una contracción isométrica de los abductores de cadera[46]. Podemos situar electrodos a nivel superficial o percutáneo y medir de esta manera también la fuerza, la actividad muscular o la velocidad de activación mediante el uso de la electromiografía[47].

Tal vez el método más funcional, practico y al alcance de todos los profesionales es mediante la realización de un test dinámico como es el la prueba de la sentadilla monopodal o Single Leg Squat (SLS). Este test nos proporciona una indicación sobre la calidad de la función de miembros inferiores, en especial de la rodilla. Será importante observar el grado de desplazamiento medial de la rodilla o valgo dinámico de rodilla[48], sobre el ángulo Q de la misma[12]. Musculatura separadora de cadera, y en especial, el glúteo medio posee una actividad anticipatoria para la reducción del valgo de rodilla, para prevenir el desplazamiento lateral de la pelvis y para reducir el ángulo Q[12,47]. En el estudio de Räisänen, Anu M. et al.[49] investigan el control de rodilla en el plano frontal y el riesgo de lesiones agudas en miembros inferiores utilizando este test. Los resultados demuestran que el movimiento excesivo en valgo de rodilla durante el SLS se asocia con lesiones en las extremidades inferiores. Los deportistas que tiene un aumento importante del ángulo en valgo de rodilla tienen 2,7 veces más probabilidades de sufrir una lesión en la extremidad inferior en comparación con los atletas que muestran valores intermedios. (Imagen 2)

Electromiografía

La electromiografía (EMG) detecta la actividad eléctrica generada por el paso del impulso nervioso, que provoca la despolarización de la membrana de la célula muscular durante la excitación. Es una medida indirecta de la actividad muscular. Proporciona datos sobre el tiempo de activación de los músculos, la actividad que se produce durante su actuación y cuando se produce el pico máximo de actividad[50].

La electromiografía de superficie utiliza electrodos que se colocan en la piel, sobre el musculo. Deben proporcionar un buen contacto, una baja impedancia, poco ruido y un comportamiento estable[50]. Es importante la preparación de la piel. Eliminar capas externas, el vello, o la limpieza con alcohol isopropílico para reducir la impedancia de la piel[50,51]. Debe tenerse en cuenta la distancia interelectrodo, recomendada de 20 mm[50,51]. Estos se deben colocar en la zona en la zona en que se pueda obtener una señal electromiográfica de mayor calidad y estable. Normalmente en zonas de placas motoras y siempre en sentido longitudinal de las fibras musculares. Se debe colocar un electrodo neutro o de tierra sobre un tejido eléctricamente inactivo (huesos o tendones)[50]. Los principales inconvenientes de los electrodos de superficie es la mayor probabilidad de registrar señales de otros músculos adyacentes, a esto se le conoce como “cross talk”, y que únicamente se puede usar en musculatura superficial[50–52].

Se debe cuantificar la señal electromiográfica, consiste en extraer de ella los datos numéricos que la definan. Esto permite realizar comparaciones con valores normales y con valores obtenidos durante exámenes sucesivos[50].

Una vez que tenemos los datos sobre la señal, estos deben pasar por un proceso de normalización. Estos valores absolutos no representan el esfuerzo muscular ya que son muchos los factores que influyen en la señal, como por ejemplo: la gran variabilidad en el reclutamiento neural, el tejido adiposo subcutáneo, longitud en reposo del musculo, velocidad de contracción, área transversal muscular, tipos de fibras musculares, distancia interelectrodo, colocación de los electrodos, impedancia de la piel, etc., por lo que se necesita realizar una normalización de los datos obtenidos, es decir, expresarlos respecto a un valor de referencia obtenido por los mismos electrodo[50,52].

Habitualmente se expresan como un porcentaje. Es un paso esencial para poder relacionar datos entre diferentes grupos musculares, sujetos o pruebas. Lo más utilizado para estandarizar los resultados es mediante la contracción isométrica voluntaria máxima o *“maximal voluntary isometric contraction”* (MVIC)[50,52]. Los sujetos con un control motor no patológico, normalizan su amplitud de señal mediante un test de esfuerzo máximo (MVIC), posteriormente el individuo realizará el ejercicio en cuestión y su actividad muscular (RMS) será entonces el porcentaje de la contracción voluntaria máxima isométrica (% MVC isométrica)[50,51]. Si los sujetos presentan alguna condición patológica, será prácticamente imposible obtener un verdadero MVIC[52].

El RMS o "*Root Mean Square"* mide el poder eléctrico de la señal electomiográfica. Es la raíz cuadrada del área entre el cuadrado de la señal y el tiempo computado en un intervalo de tiempo dividido entre dicho tiempo[50].

Esta MVIC se realiza contra una resistencia externa manual. Normalmente el sujeto ejecuta 3 repeticiones, con una pausa de 5 segundos entre contracción[51].

Test de fuerza de abductores de cadera

Se evalúa la fuerza del glúteo medio mediante electromiografía de superficie (sEMG) colocando unos electrodos a nivel superficial[53,54]. El ejercicio que se llevará a cabo será el "*clamshell*" o ejercicio de la almeja. Paciente en decúbito lateral, con la pierna a valorar arriba. Cadera flexionada 45º y rodilla a 90º de flexión. Esta posición favorece un mayor momento de fuerza del musculo glúteo medio con respecto a los otros abductores de cadera. El terapeuta ejercerá resistencia manual durante 5 segundos. Repetiremos la acción en 3 ocasiones. El parámetro a evaluar es el %MVIC, como bien se explica en el apartado siguiente. La localización de los electrodos será el 33% de la distancia desde la cresta iliaca al trocánter mayor del fémur, comenzando desde el trocánter mayor. Los electrodos deben ir colocados lo más juntos posibles[51].

Test de actividad muscular de abductores de cadera

Se evalúa la actividad muscular de glúteo medio mediante electromiografía de superficie (sEMG). La prueba utilizada para la valoración de este reclutamiento de fibras musculares será el "*Single Leg Squat"*, ya que se trata de una prueba funcional donde este musculo participa de manera importante. El parámetro a utilizar será el % RMS/s obtenido gracias a la MVIC histórica del musculo en cuestión[50].

Valoración del riesgo de lesión en rodilla - ángulo de valgo de rodilla en el plano frontal

Se evalúa mediante el test de la sentadilla monopodal o "*Single Leg Squat" (SLS).* Como se ha evidenciado en estudios previos, la prueba SLS es una herramienta razonable para usar en exámenes físicos para evaluar el valgo dinámico de la rodilla y el riesgo potencial de lesión en la extremidad inferior[47,48,55]. (Imagen 3)

Test de agilidad T – test

Se trata de una prueba que demuestra una alta confiabilidad (0,98) como test para medir la agilidad, potencia, velocidad y fuerza de las EEII [56]. Esta confiabilidad y aplicabilidad también se ha demostrado en jugadores de tenis [57]. Se valora el tiempo empleado para realizar un circuito en forma de T con una raqueta en la mano. A la vez se evalúan aceleraciones-desaceleraciones, carrera en diferentes sentidos y cambios de dirección. (Imagen 4)

Conclusiones de la revisión bibliográfica

Durante la búsqueda bibliográfica, nos hemos encontrado con una técnica invasiva novedosa que apenas tiene investigaciones previas. Como hemos comentado, se trata de una terapia en desarrollo que ha ido adquiriendo matices de otros tratamientos ya existentes para de esta manera potenciar su eficacia, aplicabilidad y seguridad. La estimulación percutánea o neuromodulación de nervios periféricos lleva décadas realizándose. Los conceptos han ido evolucionando desde procedimientos que requerían inevitablemente cirugía, o con aparataje implantados, muy molesto para el día a día de los pacientes. La seguridad y eficacia estaba mermada, ya que en la mayoría de los casos se introducían los electrodos por puro conocimiento anatómico del terapeuta. Terapeuta que sin duda tenía que ser un médico, dados los procedimientos requeridos. Valera y Minaya, fisioterapeutas ambos, han conseguido establecer una metodología de trabajo mínimamente invasiva, únicamente se introduce una aguja de 0,3 mm de diámetro; mediante la aplicación de estimulación eléctrica gracias a un puntero ("pointer") o electrodos que se anclan a las agujas; y de manera ecoguiada, controlando el todo momento la localización de las estructuras nerviosas y vasculares. Todo esto dentro de nuestro campo de actuación y competencias. La mayoría de los abordajes se basan en los procedimientos descritos por anestesiólogos para los bloqueos nerviosos periféricos ecoguiados. Los cortes de imagen ecográficos en muchos casos son similares.

El mundo de la fisioterapia invasiva tiene unos resultados clínicos espectaculares, sobre todo medidos con objetivos primarios analgésicos, que dan como consecuencia mejora de la función muscular como reacción. Está en nuestra mano realizar estudios sobre este ámbito para poder ir progresando en la evidencia científica.

Se está empezando a investigar la eficacia que pueden tener otras terapias invasivas, como es el caso de la punción seca, en la mejora de la función muscular. Estos estudios nos han servido de base para argumentar nuestro propósito, dado que tanto el objetivo de la punción seca como de la neuromodulación es el mismo: normalizar la función del musculo y con ello conseguir una reducción del dolor y una mejora de la función muscular. La diferencia es que la punción actúa directamente sobre los PGM, mientras que la neuromodulación envía una estimulación a través del nervio periférico para que el musculo diana se normalice.

Hemos decidido aplicar estos conocimientos en tenistas ya que nuestro centro se encuentra ubicado en las instalaciones de la Federación Andaluza de Tenis y nos otorga la posibilidad de trabajar dentro del mundo de este apasionante deporte, y más si cabe, durante los años más importante de la formación de los tenistas en el alto rendimiento. Aspectos como la velocidad, las frenadas o los cambios de dirección tienen una importancia vital en el desarrollo del juego. Cierta musculatura responsable de tener un mejor o peor rendimiento en estas situaciones muchas veces no es trabajada lo suficiente o en muchas ocasiones no se consigue activar en el momento necesario. Los abductores de cadera son los grandes olvidados en gran número de ocasiones en los trabajos de entrenamiento. No podemos olvidarnos del papel fundamental que cumple este grupo muscular en la estabilización en el plano frontal de todo el miembro inferior, siendo su déficit uno de los mayores factores de riesgo de lesiones articulares a estos niveles. La bibliografía respalda todo esto comentado, por lo que merece la pena comprobar si podemos mejorar el rendimiento de estos tenistas de alto rendimiento y de paso, prevenir posibles lesiones articulares.

El riesgo de no obtener resultados concluyentes está ahí, pero el objetivo es crear una base para futuras investigaciones y que el trabajo se pueda extrapolar a otras poblaciones. El caso de sujetos no deportistas o pacientes que hayan sufrido lesiones en miembros inferiores que debuten con déficit de esta musculatura y que esta técnica sirva de estímulo de activación como base primaria de fortalecimiento y control motor.

MARCO PRÁCTICO: Estudio científico – PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1 – Objetivos

1.1 – Objetivo principal:

- Estimar el aumento de la fuerza de los abductores de cadera tras la realización de Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

1.2 – Objetivos secundarios:

- Evaluar la eficacia de la Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) en el nervio glúteo superior en la mejora de la actividad muscular en los abductores de cadera en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Determinar la eficacia de NMP-e en el nervio glúteo superior en la reducción el ángulo de valgo de rodilla o ángulo Q en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Evaluar la mejora la agilidad tras la realización de NMP-e en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Identificar el grado de satisfacción de los participantes tras la realización de NMP-e en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

2 – Diseño y Descripción del estudio

2.1 – Tipología de estudio

Se trata de un ensayo clínico controlado aleatorizado. Los grupos reciben una distribución aleatoria y un enmascaramiento simple. El diseño es analítico, longitudinal y prospectivo. Se trata de un estudio experimental en el que realizaremos una medición basal del ángulo Q de rodilla durante un SLS, el tiempo en una prueba de agilidad y la actividad muscular de los abductores de cadera, seguido de una intervención en los sujetos del grupo intervención, que consiste en NMP-e sobre el nervio glúteo superior, y una nueva medición de las mismas variables posterior a la intervención. Además, se valorará el nivel de satisfacción por parte del paciente tras recibir la técnica, medida mediante una escala Likert de 5 grados. El grupo control recibe la misma preparación, incluido la incursión de la técnica invasiva, pero sin aplicar la corriente.

Se ha elegido este diseño dado que con la evaluación de las variables pre y post-intervención nos permite conocer el efecto inmediato que genera el tratamiento y así poder compararlo con el grupo donde no se aplica la intervención.

2.2. – Participantes y selección de la muestra

El estudio se ejecuta en tenistas, tanto mueres como hombres, del grupo de alta competición pertenecientes a la Federación Andaluza de Tenis, en activo y sin lesiones en la actualidad. Los sujetos entrenan al alrededor de 5 horas diarias, que intercalan con competiciones los fines de semana y/o intersemanalmente. Se encuentran en estancia de alto rendimiento. Se reclutan de manera voluntaria, previa entrega del consentimiento, en torno a 8 – 10 participantes. El centro donde trabaja el investigador actualmente, AY 360º Salud & Deporte, se encuentra dentro de estas instalaciones. La información referente al estudio se ha enviado mediante correo electrónico a los participantes.

El estudio consta de un grupo de experimental, al que se le realiza la intervención planificada y un grupo al que únicamente no se le aplica la corriente. La selección ha sido realizada mediante mediante el programa de análisis de estadístico *Epidat 3.1*[50].

2.3 – Criterios de selección de los participantes

Criterios de inclusión:

a) Tenistas de ambos sexos.

b) Deportista de alto rendimiento.

c) Menores de 21 años.

d) Firma del consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

a) Lesión aguda en miembros inferiores.

b) Fobia a técnicas invasivas.

c) Alergias a metales y/o níquel.

3 – Variables a estudiar

- Fuerza de los abductores de cadera mediante una contracción isométrica voluntaria máxima.

    - El objetivo de esta variable será determinar si la aplicación de la técnica de NMP-e sobre el nervio glúteo superior consigue aumentar la fuerza de los abductores de cadera, objetivado mediante sEMG sobre el glúteo medio.

    - El fisioterapeuta recoge los datos pre-intervención y post-intervención mediante electromiografía de superficie durante una abducción de cadera de manera isométrica. Realizaremos el test en decúbito lateral con la pierna a evaluar encima con flexión de rodilla y cadera de 30º, para reducir la actividad del TFL. Importante mantener el tronco estable en todo momento[51]. Se realiza abducción activa de cadera, 3 repeticiones de 5 segundos cada repetición. Obtendremos el MVIC. Se compara el resultado con la misma medida postintervención mediante % MVIC de la máxima contracción histórica del sujeto en el musculo glúteo medio. El análisis será llevado a cabo mediante el software desarrollado por "*mDurance"*.

- Actividad muscular de los abductores de cadera durante un "*Single Leg Squat* "(SLS).

    - El objetivo de esta variable será evaluar cantidad de fibras reclutadas por el musculo glúteo medio mediante sEMG.

    - El fisioterapeuta recoge los datos preintervención y postintervencion mediante electromiografía de superficie durante una abducción de cadera de manera isométrica. Se realizan 5 "*squat*" monopodales sobre la pierna del glúteo medio más débil. Se obtendrá de esta manera su RMS. Normalizamos la actividad muscular mediante el % MVIC y de esta manera poder comparar el % de RMS/s de la prueba. El análisis será llevado a cabo mediante el software desarrollado por "*mDurance"*.

- Ángulo Q de rodilla durante la realización de un "*Single Leg Squat*" (SLS).

    - El objetivo de esta variable será determinar si mediante la NMP-e aumentamos la actividad del glúteo medio, gran estabilizador de miembros inferiores y principal responsable de reducir el valgo dinámico de rodilla, y de esta manera, disminuir este parámetro.

    - El fisioterapeuta recoge los datos preintervención y postintervención de la realización del test SLS y se analizará su ángulo medido en grados,

mediante *Kinovea*. Se colocan en el sujeto unos señaladores a nivel de la espina iliaca, la rótula y la articulación del tobillo. Le pediremos al paciente que realice una sentadilla a una pierna, bajando hasta los 90º de flexión de rodilla, con las manos en la cintura o cruzadas sobre los hombros, durante 5 veces, con posibilidad de previo calentamiento. Se calcula la media de la posición de valgo dinámico máximo obtenidos de los dos a cinco intentos validos obtenidos en la prueba[58]. Objetivaremos los posibles desequilibrios mediante el análisis de video bidimensional *(iPhone SE* con vídeo a cámara lenta en 1080p a 120 f/s), que ha sido estudiado que es una herramienta confiable para medir el valgo de rodilla, entre otros aspectos a valorar[45,49]. La medición será llevada a cabo mediante el software para el análisis de movimiento *Kinovea*, ampliamente utilizado en la literatura científica[59,60].

- Agilidad de los participantes durante una prueba de velocidad y cambios de dirección.

    - El objetivo de esta variable será determinar si la aplicación de la corriente sobre el nervio glúteo superior permite mejorar la agilidad en situaciones parecidas a las que los tenistas se enfrentan en su día a día.

    - El fisioterapeuta recoge los datos preintervención y postintervención de la realización del T – test con una raqueta en la mano. Se recogen los datos mediante un cronometro. El sujeto deberá ir a máxima velocidad, tras escuchar el pitido, hacia el cono 1, tocarlo con la mano izquierda, desplazándose lateralmente hacia el cono 2 que se encuentra en la derecha, tocarlo con la mano derecha. Seguidamente, se desplazará de manera lateral hacia el cono 3, deberá tocarlo con la mano izquierda y volver de manera lateral hacia el cono 1, que lo tocará con la mano derecha. Por último, deberá correr de espaldas hacia la meta[56]. El tiempo se medirá en segundos mediante un cronometro. Se realizaran dos intentos. El registro no será válido si no se toca el cono o si durante la carrera lateral el participante cruza las piernas[56].

- Grado de satisfacción del paciente tras la realización de la prueba.

    - El objetivo de esta variable será comprobar si la prueba realizada ha sido satisfactoria para los participantes.

    - Se evalúa el grado de satisfacción del paciente mediante la escala cuantitativa "*Likert*", de 5 ítems, "muy alto", "alto", "normal", "bajo", "muy bajo". Esta escala proporciona una representación directa subjetiva de los pacientes sobre el nivel de satisfacción posterior a la realización de la técnica [61].

4 – Acciones a realizar durante el estudio

4.1 – Duración del estudio (cronograma)

Desde el mes de febrero se han estado repartiendo los formularios y consentimientos a los participantes. Al tratarse de un estudio con una población mayoritariamente de menores de edad, hemos precisado la firma por parte de sus progenitores o tutores legales.

- Fecha de inicio: 19 de febrero de 2018
- Período previsto de reclutamiento de los participantes: 19 de Febrero de 2018 – 31 marzo de 2018
- Período de recogida de datos: 16 de abril de 2018 – 4 de mayo de 2018
- Finalización prevista del análisis de los datos y elaboración de las conclusiones y de los textos, gráficos e ilustraciones: 19 de mayo de 2018

4.2 – Recogida de datos

RECOGIDA DE DATOS PREINTERVENCIÓN

Se ejecuta el mismo procedimiento con cada participante, independientemente del grupo asignado, variando la aplicación de la corriente en uno de los grupos. El tiempo estimado de recogida previa de datos, intervención y recogida posterior será de alrededor de 1 hora. Únicamente nos hará falta una visita por paciente, en la cual realizaremos la recogida de datos y la intervención única pertinente, previamente asignada al azar.

Para nuestro estudio se utilizó el electromiógrafo "*Shimmer*"(*Realtime Technologies Ltd*, Dublín, Irlanda) [62,63] para registrar la señal de EMG del músculo glúteo medio. Este electromiógrafo es un dispositivo portátil de dos canales con una conversión analógica/digital (A/D) de 16 bit. La frecuencia de muestreo se programó a 1024 Hz. Durante el registro, la señal de EMG fue monitorizada mediante el software de "*mDurance"* (*MDurance Solutions S.L*, Granada, España) para *Android* y almacenada en un servidor *cloud* para su posterior análisis. Las señales en bruto se filtraron digitalmente de forma automática por el software de "*mDurance"* utilizando un filtro paso de banda "*Butterworth"* de cuarto orden entre 20 y 450 Hz. La frecuencia de corte de paso a 20 Hz se usó para reducir artefactos de movimiento. De Luca et al. [64] mostraron que una frecuencia de esquina de filtro de paso alto de 20 Hz ofrece el mejor compromiso para optimizar el contenido informativo de la señal sEMG (reducción del ruido de referencia y supresión de artefactos de movimiento mientras se minimiza la eliminación de sEMG) en comparación con 10 y 30 Hz.

Para la variable *Fuerza de los abductores de cadera mediante una contracción isométrica voluntaria máxima* necesitaremos un electromiógrafo de superficie ("*Shimmer*" o "*mDurance*") sobre el musculo glúteo medio. Se valorará la fuerza mediante 3 repeticiones de abducción de cadera isométrica.

Para la variable *Actividad muscular de los abductores de cadera durante un "Single Leg Squat" (SLS*) necesitaremos un electromiógrafo de superficie ("*Shimmer*" o "*mDurance*") sobre el musculo glúteo medio. Se valorará la activación de fibras musculares durante 5 repeticiones de "*squat*" monopodal.

Para la variable *Ángulo Q de rodilla durante la realización de un "Single Leg Squat" (SLS)* necesitaremos una cámara, un trípode, unos marcadores visibles a la cámara, en nuestro caso utilizaremos recortes de vendaje neuromuscular, y el análisis de video *Kinovea*. El sujeto realizará 5 sentadillas monopodales, con su pierna no dominante, con los brazos cruzados en el pecho y de manera continuada. Grabaremos todo el proceso y posteriormente lo analizaremos mediante *Kinovea*.

Para la variable *Agilidad de los participantes durante una prueba de velocidad y cambios de dirección* necesitaremos conos, cinta métrica y un cronómetro. Colocaremos 4 conos, 9 metros de separación entre A – B, y 4'5 metros entre C – B y B – D, tal y como vemos en la Imagen 4. La explicación del test viene recogida en el variables. Tomaremos tiempo al finalizar el test.

Para la variable *Grado de satisfacción del paciente tras la realización de la prueba* se les muestra a los pacientes la Escala Likert y anotarán su opinión de manera subjetiva.

Se realiza la recogida de datos preintervención comenzando por la prueba isométrica de abducción de cadera. Los electrodos se deben colocar de manera detallada sobre el vientre muscular del glúteo medio, como se ha explicado con anterioridad. De esta manera obtendremos el MVIC de los abductores de cadera. Dato que nos sirve para obtener la actividad muscular durante la aplicación del ejercicio, donde obtendremos el RMS y posteriormente su % MVIC. Realizaremos la contracción isométrica e isotónica sin resistencia en posición de "*clamshell"* en ambos glúteos medio. El terapeuta determinará que pierna presenta menor porcentaje de fuerza y sobre esa pierna se realizarán el resto de pruebas.

Seguidamente se realiza la sentadilla monopodal en la cual obtendremos datos de las variables ángulo Q de rodilla y actividad muscular. Para ello, colocaremos en el sujeto los marcadores como se ha detallado en el apartado correspondiente. El sEMG será colocado sobre la cara anterior del muslo para que gracias al oscilómetro y giroscopio registre los ángulos de movimientos. A continuación, realizará 5 sentadillas monopodales a modo de prueba con la pierna a trabajar y acto seguido ejecutará las 5 repeticiones que serán grabadas mediante una cámara de alta velocidad (*iPhone SE* Vídeo a cámara lenta en 1080p a 120 f/s).

Por último, se llevará a cabo el test de agilidad. El sujeto realizará el recorrido en tres ocasiones y nos quedaremos con el mejor de los intentos.

METODOLOGIA DE APLICACION DE LA TECNICA DE NMP-e EN GRUPO INTERVENCION

Se deben tener en cuenta una serie de consideraciones básicas previas a la realización de la técnica.

Como toda técnica invasiva se le debe facilitar al paciente un consentimiento informado donde se describe la técnica a utilizar y los posibles efectos que puede generar. El paciente debe ser colocado en la camilla en posición de decúbito lateral sobre una camilla estable y en condiciones de asepsia óptimas [(20)].

El terapeuta debe lavarse las manos previamente, hacer uso de guantes estériles, limpiar la piel del paciente con spray antiséptico, utilizar agujas y gasas estériles, y colocar un cubresonda al transductor del ecógrafo[(20)]. Haremos uso de gel de ultrasonido no estéril y utilizaremos el ecógrafo para visualizar la aguja en todo momento. Contenedor de agujas cercano para cuando finalicemos la aplicación [(20)].

Ajustaremos los parámetros del ecógrafo, colocaremos la sonda en eje largo, longitudinal a las fibras del glúteo medio, por encima del trocánter mayor de la cadera[(19)]. El nervio pasa entre la fascia del musculo glúteo medio y glúteo menor, acompañado por la arteria glútea superior(18,19,44,45). Una vez visualizado el nervio, tomaremos medidas para escoger el tamaño de la aguja. Introducimos la aguja, guiándonos siempre por la imagen ecográfica, y dejaremos la punta lo más cercano al nervio posible [(20)].

En ese momento, iniciaremos el equipo generador de la corriente TENS (*Physio Invasiva, PRIM*), ajustaremos los parámetros a 250 de longitud de onda, 6 Hz de frecuencia e intensidad hasta que sea visualmente perceptible sin que produzca dolor. Realizaremos 5 aplicaciones de 15 segundos con el *Pointer* sobre la aguja, con 15 segundos de descanso entre cada aplicación. Debe apreciarse una contracción notable de la musculatura inervada por este nervio [(20)].

METODOLOGIA DE APLICACION EN GRUPO CONTROL

Se realizará el mismo procedimiento hasta el momento de aplicar la corriente. Se coloca la aguja en la proximidad del nervio y se dejará sin ningún tipo de movimiento durante 3 minutos, asemejándose al tiempo de aplicación de la técnica en el grupo de casos.

RECOGIDA DE DATOS POSTINTERVENCION

Se toman de nuevo medidas de la prueba isométrica y dinámica de la pierna a la que se le ha realizado la técnica usando el sEMG. Realizará la prueba de "*Single Leg Squat"* en la misma pierna y se grabará nuevamente. Por último, ejecutará el T – TEST para obtener el tiempo después de la intervención.

4.3 – Razonamiento bioético

Recomendaciones de Buena Práctica Clínica: este estudio se acoge a las recomendaciones de Buena Práctica Clínica, a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (15-Enero-2001) y a la normativa legal aplicables. Por tanto, todos los investigadores involucrados firmarán un certificado de haber leído y entendido esta declaración (Compromiso del investigador). En caso necesario, se incorporará a los anexos un formulario de notificación de eventos adversos. Es necesario mantener un control riguroso y continuo de la calidad, que pueda garantizar la exactitud y el rigor científico de los datos obtenidos, manteniendo las condiciones de homogeneidad durante el proceso de recogida de la información. En caso necesario, la creación de un comité logístico permitirá la coordinación adecuada de todos los grupos de estudio y trabajo para contrastar la coordinación científica, el asesoramiento estadístico y la calidad de la información obtenida.

Información que será proporcionada a los participantes y tipos de consentimiento que será solicitado en el estudio: el modelo de información que será proporcionada a los participantes y el tipo de Consentimiento Informado que se solicitará serán especificados en los anexos al efecto. Asimismo, en los anexos constará, en caso necesario, una Hoja de Renuncia para permitir a los participantes abandonar el estudio en cualquier momento. Todos los participantes serán verbalmente informados durante el proceso de inclusión en el estudio por parte de uno de los investigadores y les será solicitado el Consentimiento Informado.

Confidencialidad: en todo momento se deben mantener las normas más estrictas de conducta profesional y confidencialidad, y el cumplimiento de la "Ley Orgánica sobre protección de datos de carácter personal" (Ley 15/1999 de 13 de diciembre). El derecho del participante a la confidencialidad es primordial. La identidad del participante en los documentos del estudio debe ser codificada, y únicamente las personas autorizadas tendrán acceso a detalles personales identificables en el caso en que los procedimientos de verificación de datos exijan la inspección de estos detalles. Los detalles personales identificables se deberán mantener siempre confidenciales y únicamente tendrán acceso a ellos el investigador principal, el promotor y las personas autorizadas por éste y las Autoridades Sanitarias correspondientes.

4.4 – Formularios de recogida de datos

Se recogen datos sobre su nombre y apellidos, edad, brazo dominante y pierna del glúteo medio más débil. Los datos referentes a las variables 1 y 2 son recogidos automáticamente por el software del sEMG "*mDurance"*. La variable del ángulo Q de la rodilla se obtiene mediante el análisis con *Kinovea* tras la toma del video. La última de las variables la anotamos tras la respuesta de los participantes al grado de satisfacción mediante la Escala "*Likert"*. Todos estos datos quedan anotados en la ficha correspondiente de cada paciente que se puede encontrar en los anexos.

Entre las pruebas realizadas para recoger los datos, se encuentran: sEMG para evaluar la fuerza y la actividad muscular, T – TEST para medir la agilidad, ángulo Q durante un SLS y la Escala Likert para determinar el grado de satisfacción.

Los datos se muestran en una hoja *Excell* donde poder obtener valores referentes a la media, desviación estándar, el máximo y el mínimo de los resultados obtenidos tras la realización de los test.

5 – Técnicas previstas de análisis de los datos

Los datos obtenidos como variables del estudio serán codificados al acabar la recogida, procesados y analizados por las siguientes personas o servicio y garantizará la fiabilidad y el rigor del análisis:

Miguel Lozano Ramos, Fisioterapeuta nº 6805 por el Colegio de Fisioterapeutas de Andalucía.

La población que se utilizará como muestra en los análisis incluirá a todos los participantes que cumplan todos los criterios de inclusión, excepto aquellos que hayan decidido abandonar el estudio antes de su finalización.

Se realizará un análisis estadístico para evaluar el objetivo primario y los secundarios y/o las hipótesis del estudio, que incluirá:

Los tenistas están expuestos a multitud de momentos de estrés durante su práctica deportiva diaria. Los desplazamientos laterales, las frenadas y los cambios de dirección y de ritmo son parte fundamental en el rendimiento y a la vez, son situaciones de riesgo para la posible llegada de lesiones. La musculatura estabilizadora de la cadera presenta un papel fundamental en la mejora del rendimiento en estos niveles. Una mejora de la función muscular a estos niveles, mediante la aplicación de NMP-e sobre el nervio encargado de inervar a esta musculatura, podría generarnos beneficios a nivel de fuerza, activación muscular, reducción del ángulo Q de la rodilla y de agilidad.

Se realizará un análisis estadístico de la muestra, describiendo las características de los participantes. Evaluaremos las variables cuantitativas a través de: media, desviación estándar, máximo y mínimo, y posteriormente un test estadístico paramétrico para variables continuas con distribución normal: *T - Student*. Para la última de las variables, se trabajará con Chi Cuadrado, al tratarse de una variable cualitativa.

El nivel de significación estadístico se realizará basado en un intervalo de seguridad del 95%, con un margen de error del 5%. El valor P debe ser < 0,05.

El programa utilizado para el análisis estadístico será el *MSExcel 2013*.

El objetivo del análisis estadístico de los datos la comprobación del grado de asunción de los objetivos especificados:

Los resultados que confirmarían la consecución del objetivo principal sería que la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior generase un mayor aumento de la fuerza en los sujetos del grupo intervención en comparación con el grupo control.

Los resultados que confirmarían la consecución del objetivo secundario, aumento de la actividad muscular, sería que la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior provocase un mayor reclutamiento del porcentaje de fibras musculares en los sujetos del grupo intervención en comparación con el grupo control.

Los resultados que confirmarían la consecución del objetivo secundario, reducción del ángulo Q de rodilla, sería que la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior generase una disminución del ángulo durante un SLS gracias a un aumento de la actividad de la musculatura abductora.

Los resultados que confirmarían la consecución del objetivo secundario, incremento de la agilidad, sería que la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior provocase una reducción en el tiempo que necesitaría los sujeto en realizar el circuito de aceleraciones y cambios de direcciones.

Los resultados que confirmarían la consecución del objetivo secundario, grado de satisfacción, sería que la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior generase una satisfacción optima en los participantes.

Si durante el proceso de análisis de los datos se considera precisa una desviación del método estadístico previsto, se documentarán plenamente las razones de cualquier cambio.

6 – Financiación del estudio

Se presenta la financiación necesaria para la ejecución del estudio. Únicamente se ha tenido que hacer frente al desembolso de los electrodos de superficie y de los gastos de envío del Electro miógrafo de superficie "*mDurance"*. El resto del material se encontraba en el lugar de trabajo.

- Camilla hidráulica 2 cuerpos: 871,49 €
- Electrodos de superficie: 12,99 €
- Electromiógrafo de superficie "*mDurance*": 3.194,99 €
- Ecógrafo *GE Logiq S7 Expert*: 35.000,00 €
- Costes de envío: 12,99 €
- Equipo *Physio Invasiva*: 799,00 €
- Raqueta de tenis (la aporta el tenista).
- Agujas de fisioterapia invasiva: 5,99 €

- Trípode: 21,09 €
- Gel ultrasonido: 1,65 €
- Marcadores de vendaje neuromuscular: 5,75€
- *Iphone SE* para video: 575,00 €
- Guantes de nitrilo: 3,87 €
- Cintra métrica: 5,26 €
- Conos: 4,99€

7 – Limitaciones del estudio

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentran se encuentran estas posibles fuentes de sesgos:

Bajo número de participantes, en este caso, el CTT Blas Infante solo dispone de un grupo reducido de tenistas en alta competición, podríamos aumentar la muestra ampliando el filtro con tenistas que no dediquen tantas horas de entrenamiento o modificando la franja de edades.

Rechazo de participantes en el proceso de reclutamiento al tratarse de una técnica invasiva, ciertos participantes no tienen un conocimiento sobre este tipo de técnicas y la asocian a experiencias pasadas con agujas o técnicas similares, que los sujetos hayan recibido previamente tratamientos con este tipo de técnicas o una mayor información sobre el procedimiento podría reducir el miedo de estos participantes.

La no presencia de una patología común en todos los participantes a la que aplicar la técnica y valorar otras variables como podría ser el dolor o el rango de movimiento. Los participantes se encuentran actualmente en activo, en competición, por lo que no presentan ninguna patología y con un grupo tan pequeño tampoco se ha podido agruparlos para abordar una lesión de manera común.

Realización de una única sesión de intervención, junto con la imposibilidad de obtener resultados a medio/largo plazo. La escasez de tiempo de la que se dispone nos obliga a únicamente realizar un seguimiento inmediato, sería interesante continuar con el tratamiento en varias sesiones y observar si los resultados perduran en el tiempo, y de esta manera, esclarecer conclusiones en un intervalo de tiempo mayor.

Imposibilidad de obtener resultados a medio/largo plazo. El plantear unos resultados inmediatos nos limita esta opción, así como el tiempo. Programar una recogida de datos a la semana y/o a las dos semanas podría servir para medir esta evolución.

Incapacidad para obtener la velocidad de activación del glúteo medio. Una de las ideas principales del estudio era obtener a través del sEMG la velocidad de activación del glúteo medio y poder compararlo con el grupo control pre y post intervención. La falta de cualificación en la técnica

de evaluación por parte del evaluador y las dificultades del software han generado la imposibilidad de obtener resultados de esta variable.

8 – Resultados esperados

Los resultados esperados tras la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior son los siguientes:

Aumentar la fuerza de los abductores de cadera en el grupo intervención con respecto al grupo control tras la aplicación de NMP-e.

Incrementar la actividad muscular de los abductores de cadera en el grupo intervención con respecto al grupo control tras la aplicación de NMP-e.

Disminuir el ángulo Q de rodilla durante la realización de un SLS en el grupo intervención con respecto al grupo control tras la aplicación de NMP-e.

Reducir el tiempo de realización del test de agilidad en el grupo intervención con respecto al grupo control tras la aplicación de NMP-e.

Generar un grado de satisfacción óptimo en el grupo intervención con respecto al grupo control tras la aplicación de NMP-e.

MARCO PRÁCTICO: Estudio científico – REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Resultados

La muestra inicial de participantes en el estudio era de 10 sujetos, produciéndose dos bajas durante el transcurso del mismo, uno de ellos por renuncia y otro fue excluido por no tener disponibilidad para realizar el protocolo. La muestra final fue de 8 participantes, con una media de edad de 18 ±2,39 años con máximo de edad de 21 y un mínimo de 14. El total de los tenistas presentan el brazo diestro como dominante. Entre los participantes, 3 eran hombres (37,5%) y 5 mujeres (62,5%).

El grupo intervención está compuesto por 4 sujetos, con una media de edad de 17,75 ±2,99 años, un máximo de edad de 21 años y un mínimo de 14. El 50% eran hombres y el otro 50% mujeres. El peso medio de los participantes del grupo intervención es de 64,00 ±9,83 kg. El 100% de los sujetos presentan el glúteo medio izquierdo más débil que el derecho.

El grupo control se compone de 4 sujetos, con una media de edad de 18,25 ±2,06 años, un máximo de edad de 21 años y un mínimo de 16. El 25% de los sujetos eran hombres y el 75% mujeres. El peso medio es de 66,50 ±9,26 kg. El 75% de los participantes presentan mayor debilidad en el glúteo medio derecho y el 25% el glúteo medio izquierdo.

La primera de las variables, *fuerza (%MVIC) de los abductores de cadera* durante una contracción isométrica voluntaria máxima presenta los siguientes valores:

En el grupo intervención, la media inicial es de 54,83 ±20,33 y la media final 75,74 ±17,70, obteniendo un valor p= 0,09. El grupo control, la media inicial es de 68,02 ±34,92 y la media final 71,43 ±34,95, obteniendo un valor p= 0,40. La comparación de promedios entre ambos grupos, grupo intervención: 20,91 ±24,14; y grupo control: 3,42 ±26,66, nos muestra un valor p= 0,18. (Gráfico 1)

Tras la obtención de estos datos confirmamos que esta primera variable no refleja un p-valor < 0,05 por lo que se puede deducir que no existe un cambio significativo entre las variables tomadas antes y después de la intervención.

La segunda variable, *actividad muscular (%RMS/s) de los abductores de cadera* durante un "*Single Leg Squat" (SLS)*, presenta los siguientes valores:

En el grupo intervención, la media inicial es de 2,27 ±0,66 y la final 2,78 ±0,90, obteniendo un valor p= 0,02. El grupo control, la media inicial es de 2,50 ±0,44 y la final 2,76 ±0,60, obteniendo un valor p= 0,12. La comparación de promedios entre ambos grupos, grupo intervención: 0,51 ±0,30; y grupo control: 0,27 ±0,38, nos muestra un valor p= 0,17. (Gráfico 2)

Tras la obtención de estos datos confirmamos que esta segunda variable no refleja un p-valor < 0,05 por lo que se puede deducir que no existe un cambio significativo entre las variables tomadas antes y después de la intervención.

La tercera de las variables, *ángulo Q (grados) de rodilla durante un "Single Leg Squat" (SLS),* presenta los siguientes valores:

En el grupo intervención, la media inicial es de 12,00 ±14,78 y la final 10,25 ±13,80, obteniendo un valor p= 0,24. En el grupo control, la media inicial es de 18,15 ±13,59 y la final 17,15 ±11,49, obteniendo un valor p= 0,21. La comparación de promedios entre ambos grupos, grupo intervención: -1,75 ±4,45; y grupo control: -1,00 ±2,16, nos muestra un valor p= 0,38. (Gráfico 3)

Tras la obtención de estos datos confirmamos que esta tercera variable no refleja un p-valor < 0,05 por lo que se puede deducir que no existe un cambio significativo entre las variables tomadas antes y después de la intervención.

La cuarta de las variables, *agilidad (segundos)* durante una prueba de velocidad y cambios de dirección, presenta los siguientes valores:

En el grupo intervención, la media inicial 11,10 ±0,65 y la final 11,08 ±0,95, obteniendo un valor p= 0,45. En el grupo control, la media inicial es de 11,28 ±0,78 y la final 11,28 ±0,80, obteniendo un valor p= 0,45. La comparación de promedios entre ambos grupos, grupo intervención: -0,03 ±0,38; y grupo control: -0,01 ±0,11, nos muestra un valor p= 0,47. (Gráfico 4)

Tras la obtención de estos datos confirmamos que esta cuarta variable no refleja un p-valor < 0,05 por lo que se puede deducir que no existe un cambio significativo entre las variables tomadas antes y después de la intervención.

La quinta de las variables, *grado de satisfacción tras la realización de la técnica de NMP-e*, evaluada mediante una escala "*Likert*", se trata de una variable descriptiva categórica. La valoraremos a través de porcentajes.

En el grupo intervención, el 75% describieron un grado de satisfacción "Muy alto", mientras que el 25% optaron por valorarlo en "Normal". En el grupo control, el 75% de los participantes votaron "Muy alto", en cambio, un 25% lo describieron como "Normal". (Gráfico 5)

Discusión

Se ha desarrollado un estudio con una metodología novedosa en el ámbito de la fisioterapia invasiva y la electroterapia. La propia revisión del *Estado del Arte* ya deparaba un futuro incierto y sin apoyos de estudios previamente desarrollados en los que ampararse. Únicamente se han tomado como referencias investigaciones previas en otras técnicas invasivas, punción seca, electroacupuntura o PENS, para las cuales, la evidencia clínica parece ser cada vez es más alta, pero que a nivel científico aún se encuentran lejos de poder evidenciarse. El uso de procedimientos ecoguiados, con abordajes similares a los realizados en los bloqueos nerviosos, es otro de los pilares con los que se construye esta técnica inmaculada en publicaciones, pero con una base sólida, sustentada por unos conocimientos anatómicos, de electroterapia, y mediante guía ecográfica, que deben ser válidos para iniciar futuras investigaciones en este campo.

Los objetivos que se proponía este estudio era poder evidenciar si la aplicación de esta técnica lograría una mejora del rendimiento en tenistas, a través de la estimulación del nervio glúteo superior, responsable de la inervación de los abductores de cadera, y como podría expresarse en las variables que se planteaban modificar, entre ellas, la fuerza y la actividad muscular de los abductores de cadera; el ángulo Q de la rodilla, la agilidad y el grado de satisfacción tras la realización del tratamiento.

Cabe recordar que el propósito principal de esta técnica es la reducción del dolor, y que tiene como beneficio secundario el aumento de la función a nivel muscular, aspecto en el cual se basa nuestra investigación. Con respecto al primero de los beneficios, si se ha encontrado evidencia reciente, ejecutando una técnica similar a la que se aplica en nuestro estudio. Ilfeld et al.[31,32] y Rauck et al.[33] estimularon de manera selectiva, mediante guía ecográfica y aguja de pequeño calibre; el nervio femoral y ciático, tras artroplastia de rodilla y tras amputación, respectivamente. Se lograron resultados óptimos en cuanto a la reducción del dolor realizando este procedimiento. A pesar de ser procedimientos muy parecidos, siguen existiendo diferencias apreciables. En primer lugar, la técnica es aplicada por médicos, pertenecientes al Departamento de Anestesiología de la Universidad de Carolina (EEUU), al considerarse tratamientos postoperatorios invasivos para disminuir el dolor. La manera de estimular al nervio también difiere, se emplea un cable eléctrico introducido a través de una aguja de calibre 20, mientras que el procedimiento aplicado por fisioterapeutas aborda agujas de un calibre no mayor a 0.40 mm y la estimulación se aplica mediante la conexión de un electrodo en pinza conectado a un equipo TENS o mediante a un puntero TENS[20]. Tampoco existen coincidencia en cuanto al tiempo de estimulación, estos autores proponen un tratamiento domiciliario de 2 a 4 semanas, en cambio, la técnica utilizada por fisioterapeutas implica una o varias sesiones de estimulación, dependiendo de los objetivos, y con tiempos de aplicación que varían desde los 1 o 2 minutos hasta los 20-25 minutos[20]. Analizando los parámetros de la corriente modulada, coinciden con los aplicados en fisioterapia invasiva cuando se persigue un objetivo analgésico, siendo la sensación del paciente de parestesias en la zona inervada por el nervio estimulado. Los pacientes de estas investigaciones notaban esta percepción en cara anterior e interna del muslo y en la rodilla, territorio del nervio femoral y sus ramos sensitivos, mientras que por la posterior la sensación podría extenderse hasta incluso el pie, dada la inervación

sensitiva del ciático con sus posteriores divisiones[31–33]. En el estudio presentado los parámetros varían, ya que el propósito es mejorar la función muscular y no buscar esa analgesia, la frecuencia será baja de 6Hz a 10Hz, generando contracciones musculares visibles por el paciente en la musculatura inervada[20].

El primero de los objetivos que se esbozaba era evaluar la mejora de la *fuerza* en el glúteo medio tras la aplicación de NMP-e, comprobándose mediante una prueba isométrica en posición de "*clamshell",* y obteniendo el MVIC a través de sEMG Chan MK et al.[51] describieron este posicionamiento como adecuado para que la activación del glúteo medio fuese la más óptima, y realizando 3 repeticiones de la prueba isométrica y obteniéndose una media posterior del valor del MVIC. Se utiliza el % de este parámetro ya que es el más utilizado en la bibliografía para evaluar la fuerza, y además, nos permite extrapolar su valor a otros sujetos y de esta manera poder establecer relaciones[50–52]. Los resultados obtenidos evidencian una cierta mejoría dentro del grupo intervención tras la realización de la técnica, pero no se producen cambios significativos si se compara su media con la del grupo control. No se han encontrado investigaciones donde se utilice la NMP-e con objetivos de mejora de la fuerza. En estudios realizados con punción seca, si se constatan mejoras en la fuerza muscular, como en la investigación de Cross KM et al.[27], donde la punción seca sobre el musculo infraespinoso generaba una mejora de fuerza en la abducción y rotación externa de hombro justamente después de la aplicación. Huang L-P et al.[29] también obtuvo mejora en la fuerza de los flexores dorsales de tobillo tras la aplicación de electroacupuntura en dos puntos cercanos al trayecto nervioso del nervio peroneo común. Tal vez la aplicación de la técnica en tronco nervioso, como es el caso del peroneo común; la estimulación del nervio en dos puntos o la duración del tratamiento pueden haber sido la diferencia entre este estudio y el que se plantea hoy aquí.

El segundo de los propósitos buscaba determinar el aumento de la *actividad muscular* en el glúteo medio tras la aplicación de NMP-e, a través de un "*Single Leg Squat"* (SLS*),* y obteniendo el %RMS/s a través de sEMG. Trulsson, A et al.[47] afirman en su estudio que el glúteo medio tenía un papel primordial en la fase anticipatoria de movimiento durante la realización de un SLS, resultados obtenidos gracias a sEMG. El RMS mide la actividad muscular que genera el musculo durante la prueba[50], mientras que el %RMS/s otorga un dato más preciso acerca del porcentaje de activación muscular por segundo, pudiendo aislar de esta manera el tramo donde el sujeto se encuentra realizando la acción. El % se ejecuta para comparar entre participantes. Los resultados logrados muestran una mejoría estadísticamente significativa dentro del grupo intervención, pero carecen de este valor al comparar las medias con el grupo control. Puentedura EJ et al.[25] en su investigación consiguió evidenciar un aumento en la actividad muscular de transverso del abdomen y multífidos lumbares, tras punción seca de multífidos lumbares, analizando el grosor del vientre muscular mediante ecografía. Koppenhaver SL et al. [27] lograron también mejorar la función muscular inmediatamente despues de realizar punción seca sobre los mutífidos lumbares de L3 a L5. La diferente manera de evaluar la actividad muscular puede ser motivo de falta de concordancia entre el resultado del estudio y los que estos investigadores desarrollan.

El tercero de los objetivos tenía como premisa comprobar la disminución del *ángulo Q de rodilla tras la realización de NMP-e durante un SLS*, consiguiendo la medida en grados a través del procesado del video en 2D gracias a *Kinovea*. Räisänen, AM. et al.[49] y Stensrud S, et al.[58] mostraban como a través de un SLS se podía evaluar el riesgo lesional en la articulación de la rodilla, gracias a la medición del valgo dinámico o ángulo Q de la rodilla, provocado en gran medida por una debilidad de la musculatura abductora de la cadera[47]. Los resultados obtenidos apenas evidencian diferencias entre las medias del grupo intervención y el grupo control. Esto puede ser debido a varias razones: el valgo dinámico de rodilla no es fruto únicamente de una debilidad de la musculatura abductora de la cadera, como bien exponen en su estudio Powers CM.[12], se puede deber también a una disminución de la flexión dorsal de tobillo, que en el gesto de SLS se ve claramente comprometida. Dos estudios arrojaron resultados similares a los del presente análisis, con la diferencia que los investigadores buscaban un bloqueo de este nervio, en vez de su estimulación. Pohl MB et al.[43] y Kendall KD et al.[45] provocaron un bloqueo a nivel del nervio glúteo superior y posteriormente evaluaban su actividad muscular mediante test funcionales. Ambos encuentran una pérdida de la fuerza muscular al poco tiempo de realizar la inhibición pero que no era objetivable en la realización de las pruebas dinámicas funcionales. Concluían argumentando que estas pruebas no eran capaces de evidenciar una pérdida de función de los músculos inervados por este nervio, lo que puede ser una de las razones por las que apenas se producen cambios a nivel de grados en esta investigación.

El cuarto de los objetivos pretendía reflejar una mejora de la *agilidad de los participantes tras la realización de NMP-e a través del T – test*, prueba que combina aceleraciones, frenadas y cambios de dirección, gestos típicos del tenis y que nos evalúa la agilidad en este deporte como bien utilizó Sekulic D, et al.[57] en su estudio. Los resultados no muestran una diferencia significativa entre ambos grupos, produciéndose escasos cambios entre la pre – intervención y la post – intervención. Siguiendo el argumento del objetivo anterior, el reflejable incremento de la actividad muscular en los abductores de cadera no repercuten en tareas más funcionales, tal y como ocurre en esta prueba de agilidad.

El quinto y último de los objetivos, valorar el grado de satisfacción tras la realización de la técnica de NMP-e, ha obtenido el mismo resultado tanto para el grupo intervención como para el grupo control. Tres cuartas partes de los participantes en ambos grupos han premiado a la técnica con un nivel de gratitud “Muy alto”, demostrando de esta manera, que no se trata de una técnica dolorosa ni agresiva para los pacientes, teniendo un respaldo muy positivo por la mayoría de ellos. Ambos grupos desconocían el tratamiento que les sería aplicado, recibiendo tanto unos como otros la técnica invasiva, con o sin la estimulación. Esto lleva a pensar que tanto el acto de la punción como la neuromulación son bien toleradas por los sujetos.

Además de todo esto, cabe destacar una serie de posibles razones por las cuales los resultados pueden no haber resultados con significancia como para afirmar que la técnica produce cambios en los sujetos. La escasa muestra ha provocado que los datos obtenidos no constatasen unos resultados amplios para el análisis estadístico. Las características de la muestra también pueden haber influido en el producto obtenido. El tratarse de sujetos de alto rendimiento, sin

patología y actualmente en activo, tal vez haya originado que las mejoras no hayan sido lo relevantes que se esperaban, dado que la capacidad de mejora era mucho menor que en sujetos con una condición física menor o que padezcan algún tipo de patología en miembros inferiores.

En cuanto a la metodología de aplicación de la técnica, se recalcan varios aspectos que también pueden haber influido y que se podrían proponer en futuros estudios. Se ha decidido realizar una única aplicación de la técnica, con una única evaluación posterior. Se propone para investigaciones futuras realizar varias intervenciones programadas en días y/o semanas, con sus mediciones posteriores, y de esta manera poder demostrar si el número de aplicaciones influiría en el resultado. Otro aspecto a valorar es el tiempo de aplicación de la corriente a la hora de estimular al nervio. Se realizó una aplicación mediante "*pointer*", con estimulaciones cortas, con una duración total de no más de 3 minutos, según describe Valera F. et al[20]. La variante sería realizar una aplicación a través de electrodos de pinza y manteniendo la neuromodulación alrededor de 20 minutos, tal y como describe Huang L-P et al. [29] en su práctica de electroacupuntura. Por último, próximas investigaciones deberían valorar el grado de enmascaramiento del grupo control. En este estudio, posiblemente se haya afinado en demasía con la inclusión de la aguja también en el grupo control, para que de esta manera los participantes, que desconocían el procedimiento de la técnica pero que habían sido informados acerca de que se trataba de una técnica invasiva, no supiesen en que grupo se encontraban. Únicamente variaba la aplicación o no de la corriente. Se sugiere la posibilidad de ejecutar un estudio donde el grupo control reciba un tratamiento placebo sin realización de técnica invasiva, y de esta manera verificar si la presencia de la aguja ya otorga cambios en el sujeto.

Se han presentado unos resultados poco significativos para una técnica relativamente novedosa que requiere de un mayor aporte de estudios que demuestren si esta intervención puede ser de utilidad en un futuro. El desarrollo de nuevas investigaciones será la única manera de confirmar si nos encontramos ante un procedimiento con relevancias clínicas, sino también científicas.

Conclusiones

Las conclusiones a las que lleva la investigación son las siguientes:

La aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior con los parámetros estudiados no parece ser una herramienta útil para el aumento de la fuerza en los abductores de cadera en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

La actividad muscular de los abductores de cadera tras el tratamiento con NMP-e sobre el nervio glúteo superior con los parámetros estudiados en tenistas jóvenes de alto rendimiento no aumentan sus valores electromiográficos en comparación con la valoración inicial.

La estimulación del nervio glúteo superior mediante NMP-e con los parámetros estudiados en tenistas jóvenes de alto rendimiento no genera reducción del ángulo Q durante una prueba funcional como es un "*Single Leg Squat"*.

Se ha comprobado que la agilidad de tenistas jóvenes de alto rendimiento no se modifica tras el tratamiento con NMP-e sobre el nervio glúteo superior con los parámetros estudiados ya que no se producen diferencia en los tiempos durante las pruebas.

El grado de satisfacción tras la aplicación de NMP-e sobre el nervio glúteo superior con los parámetros estudiados en tenistas jóvenes profesionales medido a través de una Escala "*Likert*" ha sido elevado lo que supone que se trata de una técnica bien tolerada por los pacientes.

Previsión de traslación a la práctica clínica

Tras los resultados obtenidos y mediante la discusión planteada, con sus posteriores conclusiones, está técnica carece actualmente de utilidad para la mejora de los objetivos propuestos en tenistas jóvenes de alto rendimiento. No sería un tratamiento de elección ante sujetos con una condición física óptima, a los cuales se le pretende mejorar el rendimiento a través de la realización de NMP-e con los parámetros estudiados.

Está todavía por demostrar, como se ha argumentado, que para la finalidad de mejora de la función muscular este procedimiento pueda ser beneficioso en poblaciones que presenten patologías que cursen con debilidad de la musculatura abductora, o bien, si modificando parámetros de aplicación se consigan los resultados esperados. Como es el caso del tiempo de tratamiento, el número de sesiones o la modalidad de estimulación.

ANEXOS I – Marco Teórico

Tablas

Buscador (búsqueda nº)	Ecuación de búsqueda
PubMed (1)	("Transcutaneous Electric Nerve Stimulation"[Mesh] OR ("Neuromodulation"[Journal] OR "neuromodulation"[All Fields])) AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh] AND ("ultrasound - guided"[All Fields] OR ("diagnostic imaging"[Subheading] OR ("diagnostic"[All Fields] AND "imaging"[All Fields]) OR "diagnostic imaging"[All Fields] OR "ultrasonography"[All Fields] OR "ultrasonography"[MeSH Terms]))
PubMed (2)	("Ultrasonography"[Mesh] OR "ultrasound - guided"[All Fields]) AND ("Transcutaneous Electric Nerve Stimulation"[Mesh])AND "superior gluteal nerve"[All Fields]
PubMed (3)	"superior gluteal nerve"[All Fields] AND (block[All Fields] OR stimulation[All Fields] OR ("anatomy and histology"[Subheading] OR ("anatomy"[All Fields] AND "histology"[All Fields]) OR "anatomy and histology"[All Fields] OR "anatomy"[All Fields] OR "anatomy"[MeSH Terms]))
PubMed (4)	("epidemiology"[Subheading] OR "epidemiology"[All Fields] OR "epidemiology"[MeSH Terms]) AND (("wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields] OR "injury"[All Fields]) OR ("injuries"[Subheading] OR "injuries"[All Fields] OR "wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields])) AND ("tennis"[MeSH Terms] OR "tennis"[All Fields])
PubMed (5)	"gluteus medius"[All Fields] AND (("wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields] OR "injury"[All Fields]) OR ("injuries"[Subheading] OR "injuries"[All Fields] OR "wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields])) AND weakness[All Fields]
PubMed (6)	"gluteus medius"[All Fields] AND (("wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields] OR "injury"[All Fields]) OR ("injuries"[Subheading] OR "injuries"[All Fields] OR "wounds and injuries"[MeSH Terms] OR ("wounds"[All Fields] AND "injuries"[All Fields]) OR "wounds and injuries"[All Fields]))
PubMed (7)	"single leg squat"[All Fields] AND "gluteus medius"[All Fields]
PubMed (8)	("Evaluation"[Journal] OR "Evaluation (Lond)"[Journal] OR "evaluation"[All Fields]) AND "gluteus medius"[All Fields]
PubMed (9)	("tennis"[MeSH Terms] OR "tennis"[All Fields]) AND (performance[All Fields] OR agility[All Fields] OR velocity[All Fields] OR "change of direction"[All Fields])
PubMed (10)	"change of direction"[All Fields] AND (("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) OR ("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscular"[All Fields]))
PubMed (11)	kinovea[All Fields]
PubMed (12)	"Ultrasound-guided"[All Fields] AND "nerve block"[All Fields] AND (gluteal[All Fields] OR gluteus[All Fields])
PubMed (13)	"Ultrasound-guided"[All Fields] AND "nerve block"[All Fields] AND (sciatic[All Fields] OR ("femur"[MeSH Terms] OR "femur"[All Fields] OR "femoral"[All Fields]) OR axilar[All Fields])
PubMed (14)	("Evaluation"[Journal] OR "Evaluation (Lond)"[Journal] OR "evaluation"[All Fields]) AND force[All Fields] AND "gluteus medius"[All Fields]
Science Direct (1)	("Ultrasonography" OR "ultrasound - guided") AND ("Transcutaneous Electric Nerve Stimulation")AND "superior gluteal nerve"
Science Direct (2)	"dry needling" AND (thickness OR "straight") OR stability OR "postural balance" OR weakness OR force
Science Direct (3)	(electromyography OR shimmer) AND (force OR "muscular function" OR RMS OR "electrical activity") AND gluteus

Tabla 1: Ecuaciones de búsqueda utilizadas.

Buscador	**PubMed (1)**	**PubMed (2)**	**PubMed (3)**	**PubMed (4)**	**PubMed (5)**	**PubMed (6)**	**PubMed (7)**	**PubMed (8)**	**PubMed (9)**	**PubMed (10)**	**PubMed (11)**	**PubMed (12)**	**PubMed (13)**	**PubMed (14)**	**Science Direct (1)**	**Science Direct (2)**	**Science Direct (3)**
Ecuación 1ª	249	0	74	234	23	312	18	120	1020	119	10	11	65	18	0	26	1277
Texto completo	204	0	54	182	21	265	16	105	899	115	10	11	37	18	0	25	856
Idioma *(In, Cast, Cat)*	196	0	52	173	19	251	16	101	893	115	10	10	21	18	0	25	780
Año de publicación *(<5 años)*	83	0	15	64	-	126	10	43	414	84	9	-	83	6	0	17	465
Humanos	77	0	13	56	17	94	6	24	276	59	3	8	29	2	0	9	267
Diseño *(Interv, Trial, Rev, NoPatents, NoCites)*	25	0	-	23	-	21	-	-	50	21	-	-	7	-	0	-	-
Área *(Biotec, Biol., Bioq., Med., Farm.)*	25	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Selección por título y resumen	17	0	10	12	14	17	5	18	32	14	3	5	3	2	0	9	28
Lectura crítica	15	0	6	8	7	13	5	6	9	5	3	3	1	2	0	8	12

Tabla 2: Filtros empleados y artículos localizados para la revisión.

(Nº referencia bibl.) Autor	Año	Revista (Impact Factor, Q, nº citas)	Participantes (nº, tipo)	Intervención analizada	Intervención de comparación	Resultados	Otros datos
1. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Kovacs MS, Moya M.	2015	Journal of Strength and Conditioning Research (1,277/Q1/3039)	16 jugadores de tenis	Entrenamiento combinado de RS (3-4 series de sprints de 5-6 × 15-20 m [delanteros y lanzaderas de lado a lado, con 1 o 2 DQO], intercalados con 25 segundos de recuperación activa) (5) y ExpS (3-4 series de 4-6 ejercicios × 12-15 repeticiones, incluyendo CMJs bilaterales y unilaterales máximos a una caja de 20 cm [multidireccional], saltos multilaterales [vallas], saltos pliométricos [vallas], ternero multilateral de paso saltos, ejercicios de agilidad [escaleras] y carreras de inicio de pie resistidas [multidireccionales].	Sesiones de entrenamiento de tenis normales sobre cualidades de aptitud física (por ejemplo, velocidad lineal, RSA, habilidad de salto y aptitud aeróbica)	Un programa de entrenamiento combinado de RS y ExpS parece ser una herramienta de entrenamiento efectiva para mejorar el rendimiento neuromuscular (es decir, los cambios en la capacidad de salto y el sprint individual), así como RSA en los jugadores de tenis.	La inclusión, 2 veces por semana, de un programa de entrenamiento combinado (es decir, entrenamiento RS y ExpS) a las sesiones regulares de entrenamiento de tenis representa un medio eficaz para aumentar los rasgos de aptitud física relacionados con el rendimiento en los jugadores de tenis de alto nivel.
2. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Mendez-Villanueva A	2009	Strength and Conditioning Journal (0,349/Q3/147)	-	-	-	-	-
3. Barber-Westin, Sue D Hermeto, Alex A Noyes, Frank R	2010	Journal of Strength and Conditioning Research (1.134/Q1/655)	15 sujetos tenistas, 10 mujeres y 5 hombres.	Realización de un programa de ejercicio durante dos meses, dos días a la semana (martes y jueves).	-	Se encontraron mejoras para el golpe de derecha desde la línea de fondo y prueba de revés, la prueba de	El mayor porcentaje promedio mejora se observó en la prueba de resistencia abdominal (76%).

						saque, la prueba de resistencia abdominal la prueba de salto cruzado unipodal en ambas piernas.	
4. Reid, Machar Duffield, Rob.	2014	British Journal of Sports Medicine (3.252/Q1/2200)	-	-	-	-	-
5. Hader, Karim Mendez-Villanueva, Alberto Ahmaidi, Said Williams, Ben K Buchheit, Martin	2014	BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation (0,201/Q3/22)	11 hombres, deportista de equipo.	Sprint de alta intensidad (HIE) sin cambio de dirección (COD) de 90º y 2 saltos contra movimiento y 2 drop jumps.	Sprint de alta intensidad con cambio de dirección de 90º y 2 saltos contra movimiento y 2 drop jumps.	Durante sprint de alta intensidad, el grupo de COD no tuvieron efectos sustanciales sobre los cambios en VO 2, la oxigenación, los saltos contra movimientos y el rendimiento de drop jump y el índice de esfuerzo percibido. Por el contrario, en comparación con las carreras en línea recta, las carreras de (COD) se asociaron con una concentración de lactato en sangre posiblemente más alto y una menor o disminución equivalente en la amplitud de la electromiografía.	Cambiar la dirección durante HIE, con distancias de carrera COD ajustadas, podría ser una práctica de entrenamiento efectiva 1) para manipular algunos componentes de la carga fisiológica aguda de HIE, 2) para promover adaptaciones neuromuscular es específicas de DQO a largo plazo destinadas a mejorar el rendimiento y estabilidad de la articulación de la rodilla.
6. Abrams GD, Renstrom PA, Safran MR	2012	British Journal of Sports Medicine (1.905/Q1/4.053)	-	-	-	-	-

7. McCurdie I, Smith S, Bell PH, Batt ME	2017	British Journal of Sports Medicine (3.252/Q1/6.072)	-	-	-	-	-
8. Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW.	2015	Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons (1,76/Q1/1206)	-	-	-	-	-
9. Gescheit DT, Cormack SJ, Duffield R, Kovalchik S, Wood TO, Omizzolo M	2017	British journal of sports medicine (3.253/Q1/4959)	-	-	-	-	-
10. Cronin, John B. Keogh, Justin W L Presswood, Laura Whatman, Chris	2008	-	-	-	-	-	-
11. Han, Hae-rim Yi, Chung-hwi You, Sung-hyun Cynn, Heon-seock Lim, One-bin Son, Jae-ik	2017	Journal of Sport Rehabilitation (0.786/Q1/224)	22 sujetos, humanos.	Analizaron la actividad de Glúteo Medio, TFL y aductor largo en 4 ejercicios.	-	La sentadilla en la pared unilateral produjo una relación de actividad GMED / TFL más alta y una relación de tiempo de inicio GMED / TFL menor que en los otros tres ejercicios (p <0,05).	-
12. Powers, Christopher M.	2003	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (0,497/Q1/171)	-	-	-	-	-
13. Goto S, Aminaka N, Gribble PA.	2017	Journal of Sport Rehabilitation (0.786/Q1/224)	28 participantes.	14 grupo intervención. Tres contracciones isométricas voluntarias máximas (MVIC) del glúteo mayor (GMAX), glúteo	14 grupo control. Misma intervención.	Los participantes con PFP demostraron un cociente de coactivación GMED / AL	Hubo alteraciones en la actividad muscular durante el rendimiento de SEBT, lo que sugiere que la

				medio (GMED), aductor largo (AL) y vasto medial (VM) y cinco desviaciones hacia anterior en el test de la estrella (SEBT).		disminuida (p = 0.01) y una distancia de alcance más corta (p = 0.014) durante el alcance anterior del SEBT en comparación con el grupo CON. Los participantes con PFP demostraron niveles de dolor más altos al inicio (p <0,027) y durante el rendimiento de la prueba (p <0,001) en comparación con el grupo CON y el aumento del nivel de dolor durante el rendimiento de la prueba en comparación con el valor inicial (p <0,001). No se observaron otras diferencias significativas.	sobreactividad de AL en relación con GMED es un patrón de reclutamiento neural único en aquellos con PFP.
14. Kim D, Unger J, Lanovaz JL, Oates AR.	2015	PM&R Journal (1,53/Q1/203)	20 participantes.	Los participantes realizaron 16 mini sentadillas de una sola pierna en su pierna no dominante.	-	La magnitud de la actividad anticipatoria del glúteo medio se correlacionó significativamente con el momento de abducción de la rodilla (rs (18) = -0.303, P <.001) y la oblicuidad pélvica (rs (18) = 0.361, P <.001), mientras que el inicio del glúteo medio no se correlacionó significativamente con el momento de	La cantidad de actividad del glúteo medio es más importante para controlar la estabilidad de la rodilla y la pelvis en el plano frontal que el inicio de su activación.

						abducción de la rodilla o la oblicuidad pélvica.	
15. Cooper, Nicholas A. Scavo, Kelsey M. Strickland, Kyle J. Tipayamongkol, Natti Nicholson, Jeffrey D. Bewyer, Dennis C.	2015	European Spine Journal (1.301/Q1/3238)	225 participantes.	El tensor de la fascia lata, el glúteo medio y la fuerza del glúteo mayor se evaluaron con pruebas musculares manuales. La evaluación funcional de los abductores de cadera se realizó con la evaluación de la presencia del signo de Trendelenburg. Se realizó un examen de palpación de la región dorsal, glútea y de la cadera para intentar reproducir el dolor del sujeto.	Misma evaluación.	Glúteo medio es más débil en las personas con dolor lumbar en comparación con los controles o con el lado no afectado (prueba de Friedman, p <0,001). El signo de Trendelenburg es más frecuente en sujetos con dolor lumbar que en los controles (Q de Cochran, p <0,001). Hay más dolor a la palpación sobre los glúteos, trocánter mayor y paraespinales en personas con dolor lumbar en comparación con los controles	La debilidad del glúteo medio y la sensibilidad del músculo glúteo son síntomas comunes en personas con dolor lumbar crónico no específico.
16. Kazemi K, Arab AM, Abdollahi I, López-López D, Calvo-Lobo C.	2017	Human Movement Science (0.826/Q2/817)	34 participantes (16 casos, 18 controles)	Perturbaciones externas.	Perturbaciones externas.	Hubo diferencias estadísticamente significativas en el inicio de la actividad muscular y la amplitud de la actividad muscular, entre los grupos de inestabilidad funcional del tobillo,	-

17. Grob K, Manestar M, Ackland T, Filgueira L, Kuster MS.	2015	The journal of bone and joint surgery (2,46/Q1/567)	19 cadáveres.	Exploración anatómica del nervio glúteo.	-	-	-
18. Sá, Miguel Graça, Rita Reis, Hugo Cardoso, José Miguel Sampaio, José Pinheiro, Célia Machado, Duarte.	2017	Brazilian Journal of Anesthesiology (0,190/Q3/59)	1 participante.	Bloqueo del nervio glúteo superior guiado por ecografía.	-	Se obtuvo un bloqueo con éxito mediante ecografía con fines analgésicos y anestésico.	-
19. Ray B Souza, D' Saxena, A Nayak, D Rk, Sushma Shetty, P Pugazhendi B.	2013	Bratislava Medical Journal (0,73/Q3/76)	35 extremidades inferiores de cadáveres.	Estudiar la morfología del nervio glúteo superior.	-	La distancia entre el tubérculo mayor de la cadera y la aparición del nervio glúteo superior por debajo del musculo glúteo medio es de 5.82±1.76 cm.	Se encuentra que la debilidad del músculo abductor debido a una lesión del SGN es común en pacientes con reemplazo total de cadera que causaría un signo de Trendelemburg positivo.
20. Valera Garrido F, Minaya Muñoz F 20	2016	Libro	-	-	-	-	-
21. Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM, Voll M, Wesker K, Schünke M	2013	Libro	-	-	-	-	-
22. Anders C, Patenge S, Sander K, Layher F, Biedermann U, Kinne RW.	2017	PloS one (1.201/Q1/291696)	54 participantes, 29 mujeres y 25 hombres	Se aplicaron ocho canales bipolares orientados verticalmente, equiespaciados, sobre una línea horizontal a media distancia entre la cresta ilíaca y el trocánter mayor. Se medía la actividad SEMG del músculo de cadera bilateral, que incluye tensor de fascia lata (TFL), glúteo	-	Las posiciones de los electrodos centrales más ventrales a P1 a P5, que representan TFL y ventral a Gmed central, mostraron los mayores niveles medios de amplitud.	Los patrones de activación continuamente cambiantes de los músculos superficiales en la región glútea durante la marcha pueden reflejar patrones de coordinación finamente ajustados y orientados a la función de los músculos y

				medio (Gmed) y glúteo mayor (Gmax), se midió durante la locomoción en una pasarela a velocidades de marcha lenta, normal y rápida autoseleccionadas			segmentos musculares vecinos, en lugar de la activación independiente de los músculos anatómicamente definidos.
23. Llusá Pérez M, Merí A, Ruano Gil D, Molina O.	2004	Libro	-	-	-	-	-
24.Bossy Langella M, Pedret Carballido C.	2013	Apunts. Medicina de l'Esport (0.133/Q4/20)	1 tenista profesional	Ejercicio excentrico. 3 series de 10 repeticiones.	-	El ejercicio excentrico tuvo una mejoria significativa, disminuyendo el dolor al completo al mes de empezar a realizarlo.	El tratamiento más efectivo se basa en el diagnóstico precoz y en la rápida instauración de fisioterapia analgésica asociada a infiltraciones eco-guiadas convencionales Resulta imprescindible realizar una pauta de estiramientos estáticos activos en tensión activa, combinados con excéntricos específicos del TFL
25.Puentedura, Emilio J.Buckingham, Sarah J. Morton, Daniella Montoya, Crystal Fernandez de las Penas, Cesar	2017	Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics (1,42/Q1/1,828)	47 pacientes asintomáticos.	Ambos grupos reciben punción seca en los multifidos lumbares y a los 7 días punción seca en forma de placebo, dependiendo el grupo que le toque se le realiza una acción antes o después.	Ambos grupos reciben punción seca en los multifidos lumbares y a los 7 días punción seca en forma de placebo, dependiendo el grupo que le toque se le realiza una acción antes o después.	El espesor de TrA en reposo mostró una disminución media de 0,03 cm y un aumento medio de 0,05 cm durante la contracción.	Aumento de la contracción del transverso del abdomen en el grupo donde se realiza la PS con respecto al grupo donde se usa placebo.

26.Koppenhaver SL, Walker MJ, Rettig C, Davis J, Nelson C, Su J, et al.	2017	Physiotherapy (0,841/Q1/348)	66 pacientes (38 hombres y 28 mujeres)	Punción seca en los multifidos lumbares de L3 – L5.	-	Participantes que experimenta-ron respuesta de espasmo local experimenta-ron mejora inmediata de la función muscular en comparación con las que no la experimentan. Después de una semana no hay diferencia significativa.	La respuesta de contracción durante la punción seca puede ser clínicamente relevante, pero no debe considerarse necesaria para un tratamiento exitoso.
27. Cross KM, McMurray M.	2017	International Journal of Sports Physical Therapy (1,305/Q1/959)	1 participante.	Punción seca sobre el infraespinoso.	-	Incremento de la fuerza inmediatamente después de la punción en la abducción y en rotación externa.	
28. Dar G, Hicks GE.	2016	Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation (0.385/Q2/245)	20 sujetos (4 hombres y 16 mujeres)	Puncion seca a nivel de multifidos de L5 y punción seca en peroneos corto y largo	Punción seca en peroneos corto y largo	No existen diferencias significativas en realizar PS en los mutifidos en comparación con pinchar únicamente los peroneos.	
29. Huang, Li-Ping. Zhou, Shi. Lu, Zhen. Tian, Qiang. Li, Xia. Cao, Long-Jun. Yu, Jun-Hai. Wang, Hui	2007	The Journal of Alternative and Complementary Medicine (1.85/Q2/104)	30 pacientes humanos.	Electroacupuntura en los puntos Zusanli (ST-36) y Xiajuxu (ST-39), de una pierna. 3 sesiones de electroacupuntura por semana. En cada sesión, la electroacupuntura se aplicó a la pierna derecha en los puntos de acupuntura con 8 ciclos de trabajo de 1 minuto encendido y 1 minuto apagado, ancho de pulso de 1 milisegundo, frecuencia de 40 Hz e intensidad de 30-40 V	Actividad diaria normal.	La electroacu-puntura unilateral en los puntos de acupuntura seleccionados mejoró la fuerza muscular de ambas extremidades.	Estos dos puntos de acupuntura a nivel del musculo tibial anterior coinciden con el trayecto del nervio peroneo profundo, que inerva a este mismo musculo.

30. Wilson RD, Harris MA, Gunzler DD, Bennett ME, Chae J. 30	2014	Neuromodula-tion: Technology at the Neural Interface (0,810/Q2/663)	10 pacientes, humanos. (3 de ellos se retiraron)	Tratamiento 3 semanas de estimulación percutánea del nervio periférico aplicado a través de un electrodo percutáneo a los puntos motores axilares del músculo deltoides.	-	Mejoras significativas en la interferencia del dolor, el cuestionario de discapacidades del hombro y el rango de abducción del hombro de movimiento.	La reducción del dolor se mantiene durante al menos 12 semanas después del tratamiento.
31. Ilfeld, Brian M. Gilmore, Christopher A., Grant, Stuart A., Bolognesi, Michael P., Del Gaizo, Daniel J., Wongsarnpigoo, Amorn, Boggs, Joseph W.	2017	Journal of Orthopaedic Surgery and Research (0.781/Q1/617)	5 pacientes, humanos	Estimulación nerviosa percutánea de manera ecoguiada del nervio femoral y femoral en sujetos que han sido sometidos a artroplastia de rodilla.	-	Disminuyó el dolor en un promedio de 93% en reposo. En 4 de 5 sujetos que experimentaron una resolución completa del dolor.	Durante el movimiento activo y pasivo de la rodilla, el dolor disminuyó un promedio de 27 y 30%, respectivamente.
32. Ilfeld BM, Grant SA.	2016	Regional Anesthesia and Pain Medicine (1.594/Q1/975)	10 pacientes, humanos.	Estimulación nerviosa percutánea de manera ecoguiada del nervio femoral y femoral en sujetos que han sido sometidos a artroplastia de rodilla.	-	5 tuvieron una resolución completa de su dolor en reposo, 4 experimentaron una disminución del 57% al 67% y 1 solo un sujeto una reducción del 14%.	El dolor dinámico durante los ejercicios para ganar de rango de movimiento pasivo y activo se redujo en un promedio de 28%, aunque no se mejoró consistentemente el rango de movimiento pasivo máximo ni el rango de movimiento activo.
33. Rauck RL, Cohen SP, Gilmore CA, North JM, Kapural L, Zang RH	2014	Neuromodulation (0,810/Q1/663)	14 pacientes, humanos.	El presente estudio investigó la viabilidad de administrar SNP a pacientes con post-amputación con dolor de moderado a grave en la extremidad una aguja de calibre fino colocada por vía percutánea bajo guía ecográfica en los nervios ciático y / o femoral.	-	Los nueve pacientes que respondieron y completaron la prueba domiciliaria informaron reducciones en su dolor después de la amputación (56 ± 26%,56 ± 26%, N = 9), dolor promedio en las extremidades (72 ± 28%, 42 ± 27%, N = 7),	

						y dolor promedio en las extremidades fantasmas.	
34. Li, Hong Xu, Qiao-Rong	2017	Medicine (0,597/Q2/4409)	62 pacientes, humanos	Estimulación eléctrica del nervio de manera percutánea en pacientes con migraña. 30 minutos a una frecuencia de 2/100 Hz, 5 veces a la semana durante 12 semanas	Colocación de las agujas en los mismos puntos sin estimulación eléctrica.	Los resultados de este estudio demostraron PENS es más efectivo y seguro que el PENS simulado para el tratamiento de la migraña.	
35. Chang, Ke-Vin, Wu, Wei-Ting, Özçakar, Levent.	2017	Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America (0.642/Q1/261)	-	El propósito de este artículo es deliberar sobre la ecoanatomía de las estructuras cervicales comúnmente intervenidas e ilustrar cómo esos procedimientos se pueden realizar de forma segura y precisa bajo orientación del ecógrafo	-	-	La técnica en eje largo, con visualización de toda la aguja, es la técnica de elección para el inyección de los nervios cervicales.
36. Chapple W.	2013	Journal of Acupuncture and Meridian Studies (0.502/Q1/278)	-	Este estudio crea una lista de referencia de la neuroanatomía y la anatomía estratificada para cada uno de los 361 puntos de acupuntura en los 14 canales clásicos y para 34 puntos extra.	-	-	
37. Zhang, Yu-Ting Jin, Hui Wang, Jun-Hua Wen, Lan-Yu Yang, Yang Ruan, Jing-Wen Zhang, Shu-Xin Ling, Eng-Ang Ding, Ying Zeng, Yuan-Shan	2017	Neural plasticity (1.502/Q1/903)	72, ratas.	1) Grupo de lesión de la médula espinal (el grupo SCI), (2) grupo de tratamiento de estimulación eléctrica del nervio de cola (el grupo TANES), (3) grupo de tratamiento de electroacupuntura (el grupo EA).	(4) grupo de operación simulada.	El tratamiento TANES o EA puede proteger las neuronas motoras. Neuronas espinales exhibieron una expresión más intensa de ChAT después de tratamiento con TANES o EA. El nivel de expresión de NT-3 se mejoró en la	

						médula espinal lumbar después de tratamiento con TANES o EA. La atrofia del músculo esquelético se alivia con el tratamiento TANES o EA.	
38. Aveline C, Le Roux A, Le Hetet H, Vautier P, Cognet F, Bonnet F.	2010	European Journal of Anaesthesiology (0.507/Q2/889)	93 participantes	Bloqueo del nervio femoral mediante guía ecográfica.	Bloqueo del nervio femoral sin guía ecográfica.	Reducción del tiempo de inicio del bloqueo motor y sensorial en el grupo con bloqueo ecográfico. Reducción de la dosis administrada. Disminución de las puntuaciones en la escala EVA 12, 24 y 48h postintervención.	Hacer la intervención mediante guía ecográfica mejora los datos postcirugia de los pacientes.
39. Domingo-Triadó V, Selfa S, Martinez F, Sanchez-Contreras D, Reche M, Tecles J, et al.	2007	Anesthesia and Analgesia (1,183/Q1/5612)	61 participantes	Bloqueo del ciático mediante ecografía junto con estimulación eléctrica.	Bloqueo sin ecografía.	Localización correcta del nervio en el primer intento mayor en el grupo con ecografía. La calidad del bloqueo y del torniquete neumático también fue superior en este grupo.	No hubo diferencias significativas en el tiempo de inicio de bloqueo motor y sensitivo, ni en la duración.
40. Lewis SR, Price A, Walker KJ, McGrattan K, Smith AF.	2015	Cochrane Database of Systematic Reviews (3.744/Q1/19872)	32 ECA con 2844 participantes adultos.	Bloqueos de nervios periféricos con guía ecográfica	Bloqueos de nervios periféricos mediante otra herramienta de localización.	Mayor efectividad del bloqueo con ecografía. Se requerían menos bloqueos junto con anestesia u otros complementos.	Menor tiempo para realizar el bloqueo en el grupo ecografía, pero mayor tiempo si se combina con técnica de SNP.
41. Bloc S, Mercadal L, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Morel B, et al.	2010	European Journal of Anaesthesiology (0.507/Q2/889)	120 pacientes	Bloqueo mediante ecografía en plano.	Bloqueo mediante ecografía fuera de plano. Bloqueo mediante	Bloqueos con ecografía fuera de plano fue más cómodos que el bloqueo en plano y mediante	Bloqueos en plano y fuera de plano eran dolorosos, pero con cierta preferencia con el de fuera de plano.

					neuroestimulacion.	neuroestimulación respectivamente. La duración de la colocación también fue menor en fuera de plano.	
42. Gofeld M, Agur A	2018	Neuromodulation: Technology at the Neural Interface (1,061/Q1/751)	Modelos anatómicos (cadáveres)	Técnica de implantación guiada por ultrasonido de los nervios axilares y supraescapualr.	-	Los dispositivos implantados se encontraron adyacentes a los nervios objetivo a una distancia de 0,5-1 cm.	Se puede obtener una mejora a nivel del dolor crónico de hombro mediante el bloqueo de estos nervios gracias a la colocación precisa de la aguja.
43. Pohl MB, Kendall KD, Patel C, Wiley JP, Emery C, Ferber R.	2015	Journal of Athletic Training (1,409/Q1/842)	8 participantes (masculinos)	Bloqueo del nervio glúteo superior.	-	La fuerza de abducción de cadera disminuyó justamente después de la inyección. No se encontraron diferencias en el momento de aducción de la cadera y rodilla, como tampoco en la caída pélvica contralateral, en la lateroflexion de tronco homolateral o en la aducción de cadera.	Una reducción a corto plazo en la fuerza abductora de la cadera no se asoció con alteraciones en la biomecánica de la marcha del plano frontal de hombres jóvenes y sanos.
44. Wadhwa V, Scott KM, Rozen S, Starr AJ, Chhabra A.	2016	Radiographics (1,502/Q1/1534)	-	-	-	-	Representación del bloqueo nervioso de los nervios de la zona pélvica.
45. Kendall KD, Patel C, Wiley JP, Pohl MB, Emery CA, Ferber R.	2013	Clinical Journal of Sport Medicine (0,929/Q1/624)	9 participantes (masculinos)	Bloqueo del nervio glúteo superior guiado por ecografía.	-	Reducción de la fuerza en un 52% dela fuerza de los abductores de cadera tras el bloqueo. No se encontraron cambios en la caída pélvica contralateral.	El Test de Trendelemburg no debe usarse como una medida de detección de la fuerza de HABD en poblaciones que demuestran una fuerza superior al 30% de peso

							corporal, pero debe reservarse para su uso en poblaciones con una marcada debilidad de HABD.
46. Mastenbrook, Matthew J. Commean, Paul K. Hillen, Travis J. Salsich, Gretchen B. Meyer, Gretchen A. Mueller, Michael J. Clohisy, John C. Harris-Hayes, Marcie	2017	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (1,305/Q1/959)	30 mujeres, 15 con dolor crónico de cadera y 15 asintomáticas.	Se usó RMN para medir el tamaño de los músculos separadores de cadera y un test de fuerza con dinamometría para medir la fuerza.	-	Las mujeres con CHJP demostraron aumento significativo del volumen del músculo glúteo. En comparación con los controles asintomáticos, las mujeres con CHJP demostraron aumento significativo del volumen del músculo glúteo, pero disminuyó la fuerza del abductor de cadera.	Las mujeres con CHJP parecen tener músculos glúteos más grandes, pero disminuyen Fuerza de abductor de cadera en comparación con los controles asintomáticos.
47. Trulsson A, Miller M, Gummesson C, Garwicz M.	2017	BMJ open sport & exercise medicine (2,687/Q1/16706)	16 participantes con reconstrucción de LCA.	Medir mediante electromiografía de superficie los músculos glúteos, isquiotibiales y gastrocnemios en los test TSP y SLS.	-	En el inicio de la transferencia de peso, la actividad muscular fue menor en los músculos tibial anterior, gastrocnemio y peroneo largo en el lado lesionado.	Los estudios futuros determinarán si los ejercicios dirigidos a la iniciación de la actividad muscular deberían complementar la rehabilitación habitual de lesiones del LCA.
48. Kianifar R, Lee A, Raina S, Kulic D.	2017	IEEE journal of translational engineering in health and medicine (0,481/Q2/113)	142 atletas de secundaria.	Evaluar mediante un sistema de medida inercial (IMU) la sentadilla monopodal.	-	El rendimiento de clasificación para los clasificadores de 2 clases y 3 clases se informa con 2 clases con mejor clasificación que 3 clases.	Se informa un método para la evaluación automatizada de DKV y el riesgo general de lesión de rodilla durante el desempeño de SLS.

49. Räisänen, Anu M. Pasanen, Kati. Krosshaug, Tron. Vasankari, Tommi. Kannus, Pekka. Heinonen, Ari. Kujala, Urho M. Avela, Janne. Perttunen, Jarmo. Parkkari, Jari.	2018	BMJ open sport & exercise medicine (2,687/Q1/16706)	306 jugadores de baloncesto.	Realizaron una prueba de SLS y un seguimiento lesional de 12 meses.	-	Los atletas que muestran una FPKPA alta tienen 2,7 veces más probabilidades de sufrir una lesión en la extremidad inferior (OR ajustado 2,67; IC del 95%: 1,23 a 5,83) y 2,4 veces más probabilidades de sufrir una lesión del tobillo (OR 2,37; IC del 95%: 1,13 a 4,98).	Los atletas que mostraban una gran FPKPA en la prueba SLS tenían un riesgo elevado de lesiones agudas en la extremidad inferior y el tobillo. Sin embargo, la prueba SLS no es lo suficientemente sensible y específica como para ser utilizada como herramienta de detección para futuros riesgos de lesiones.
50. Villarroya Aparicio MA.	2005	Rehabilitación (0,123/Q4/4)	-	-	-	-	Articulo con explicaciones técnicas sobre la electromiografía.
51. Chan MK, Chow KW, Lai AY, Mak NK, Sze JC, Tsang SM.	2017	BMC Musculoskeletal Disorders (0.877/Q1/2603)	20 sujetos	Realización de 3 ejercicios de cadera y medir la actividad muscular de oblicuo menor, glúteo mayor, glúteo medio y bíceps femoral mediante sEMG, en dos condiciones: con activación del core y sin activación del core.	-	La activación del CORE abdominal mejora el reclutamiento de los músculos de la cadera en los ejercicios de la almeja extensión de cadera en prono y separación de cadera con rodilla extendida.	Se recomienda la activación del core para la rehabilitación de la extremidad inferior, ya que la mayor activación de los músculos de la cadera objetivo puede mejorar los efectos terapéuticos de los ejercicios de fortalecimiento de la cadera.
52. Mills KR.	2005	Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry (1,369/Q1/4176)	-	-	-	-	Detalles técnicos acerca de los parametros de utilización de la electromiografía.
53. Macedo C de SG, Vicente RC, Cesário MD, Guirro RR de J.	2016	Journal of Sports Sciences	40 sujetos (hombres)	Salto vertical en sujetos que tuvieron entrenamiento durante la semana previa tras inmersión en agua fría. Comprobación mediante sEMG	Salto vertical en sujetos que NO tuvieron entrenamiento durante la semana previa tras inmersión en agua fría. Comprobaci	Disminución de la actividad EMG de todos los músculos tras la aplicación del baño de agua fría durante un salto monopodal. Esto podría	Mayor efecto en atletas que en no atletas.

				en diferentes músculos.	ón mediante sEMG en diferentes músculos.	afectar al control motor y al equilibrio.	
54. Tam N, Tucker R, Astephen Wilson JL.	2016	The American Journal of Sports Medicine (3,375/Q1/6224)	26 sujetos	Programa de 8 semanas para corredores descalzos.	-	El grupo de respuesta positiva tuvo una mayor flexión plantar, un aumento de la preactivación del bíceps femoral y del glúteo medio y una disminución de la actividad del músculo recto femoral entre los períodos de prueba	Ocho semanas de carrera progresiva descalzo no cambiaron la biomecánica general del grupo, pero se identificaron un 25% del grupo que tenían cambios específicos que redujeron la tasa de carga inicial.
55. Ugalde V, Brockman C, Bailowitz Z, Pollard CD.	2015	PM&R Journal (1,53/Q1/203)	142 participantes .	Single Leg Squat y prueba del salto.	-	La prueba SLS es una herramienta razonable para usar en exámenes físicos de deportes previos a la participación para evaluar el valgo dinámico de la rodilla y el riesgo potencial de lesión en la extremidad inferior.	-
56. Pauole K, Madole K, Garhammer I, Lacourse M, Ralph Rozenek eNo, Data R, et al.	2000	Journal of Strength and Conditioning Research National Strength & Conditionine Association (0,458/Q1/109)	34 sujetos.	3 intentos para cada prueba de rendimiento y se tomaba la media de las tres.	-	No existen diferencias significativas entre las pruebas de velocidad y de agilidad.	
57. Sekulic D, Uljevic O, Peric M, Spasic M, Kondric M.	2017	Journal of human kinetics(0.483/ Q2/399)	33 tenistas	Los sujetos realizacion 3 pruebas (20YARD, ILLINOIS y T-TEST) con y sin raqueta	Diferente orden de realización de las pruebas.	La mayor fiabilidad entre sujetos se encontró para T-TEST y R_ILLINOIS.	La agilidad en el tenis debe evaluarse mediante pruebas en las que los atletas realicen maniobras de agilidad mientras

							sostienen una raqueta de tenis.
58. Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T.	2011	British Journal of Sports Medicine (1,463/Q1/2651)	186 jugadoras de balonmano femenino.	Se evaluaron 3 pruebas: SLS, salto vertical con una sola pierna y caída vertical con dos piernas.	-	SLS y salto vertical son útiles para evaluar la estabilidad de rodilla en jugadores de balonmano de elite.	
59. Moral-Muñoz JA, Esteban-Moreno B, Arroyo-Morales M, Cobo MJ, Herrera-Viedma E.	2015	Journal of Strength and Conditioning Research (1,227/Q1/3175)	54 adolescentes (34 niñas y 20 niños)	Se tomaron medida mediante análisis de video Kinovea del ángulo de la cadera y de la extensión activa de rodilla (AKE).	-	Confiabilidad entre ambas pruebas tomadas por examinador a y B mediante análisis de video.	Nuestro estudio demuestra que Kinovea El software es un método altamente confiable y objetivo para la evaluación de la flexibilidad de los isquiotibiales.
60. Damsted C, Nielsen RO, Larsen LH.	2015	International journal of sports physical therapy (1,535/Q1/1055)	18 sujetos	Comparar la carrera mediante análisis de video bidimensional con Kinovea del ángulo de cadera y de rodilla. Dos investigadores en un mismo día y en días diferentes.	-	Varió de tres a ocho grados (dentro del día) y de nueve a 14 grados (entre el día) para los ángulos de la rodilla. De manera similar, los ángulos de la cadera variaban de tres a siete grados (dentro del día) y de nueve a 11 grados (entre el día).	La confiabilidad intra e inter evaluadores dentro y entre las cuantificaciones del ángulo de rodilla y cadera mediante video en 2D suficiente para alentar a los médicos a seguir usando técnicas de análisis de movimiento en 2D
61. Harland NJ, Dawkin MJ, Martin D.	2015	Physiotherapy (0,170/Q1/360)	187 participantes	Comparar dos escalas subjetivas: VAS y Likert.	-	Ambas versiones del GSOS mostraron correlaciones moderadas significativas en el dolor y en la discapacidad. Hubo menos valores perdidos en el Likert GSOS (1%) en comparación	-

						con el VAS GSOS (8%).	
62. Burns A, Doheny EP, Greene BR, Foran T, Leahy D, O'Donovan K, et al.	2010	2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology	-	-	-	-	Articulo acerca del aparato portatil para la electromiografía: SHIMMER.
63. Burns A, Greene BR, McGrath MJ, O'Shea TJ, Kuris B, Ayer SM, et al.	2010	2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology.	-	-	-	-	Articulo acerca del aparato portátil para la electromiografia: SHIMMER.
64. De Luca CJ, Donald Gilmore L, Kuznetsov M, Roy SH.	2010	Journal of Biomechanics (1.174/Q1/4778)	12 participantes (7 hombres y 5 mujeres)	Contracciones isométricas del tibial anterior para investigar las perturbaciones y ruidos del sEMG	-	Existen variaciones debido a la flexibilidad de la piel y la sensibilidad de la interfaz electroquímica entre el contacto del electrodo y la piel.	-

Table 3: Cuadro detallado de análisis de cada referencia incluida en la revisión final.

Ilustraciones

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (1)

N= 249 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 196 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 53 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 77 artículos referidos a seres humanos

N= 63 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:
- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que hablen de transcutanea): N= 24
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que necessiten cirugia): N= 31

N= 8 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (2)

N= 0 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 0artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 0 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 0 artículos referidos a seres humanos

N= 0 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (3)

N= 74 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 52 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 15 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 13 artículos referidos a seres humanos

N= 7 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:
- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que hablen de su descripcion anatòmica) N= 7

N= 3 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (4)

N= 234 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 173 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 64 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 56 artículos referidos a seres humanos

N= 43 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no eran revisiones sistematicas): N= 13
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que no hababan de lesiones en miembros inferiores): N= 30

N= 6 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (5)

N= 23 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 19 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 17 artículos referidos a seres humanos

N= 7 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no relacionen gluteo medio con lesiones de miembros inferiores): N= 7
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que investiguen lesiones del propio musculo): N= 3

N= 4 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (6)

N= 312 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 251 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 126 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 94 artículos referidos a seres humanos

N= 60 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que investiguen lesiones del propio musculo): N= 47
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que estudien lesiones traumaticas): N= 13

N= 6 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (7)

N= 18 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 16 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 10 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 6 artículos referidos a seres humanos

N= 3 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (8)

N= 120 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 101 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 43 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 24 artículos referidos a seres humanos

N= 10 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que describan intervencions quirurgicas): N= 3
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que no hablen de patologia musculoesqueletica): N= 7

N= 8 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (9)

N= 1020 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 893 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 414 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 276 artículos referidos a seres humanos

N= 244 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no describan pruebas físicas): N= 110
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que no hablen de alta competición): N= 91
- Criterios Exclusion 3 (todos aquellos que hable de tenis de mesa) N= 41

N= 6 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (10)

N= 119 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 115 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 84 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 59 artículos referidos a seres humanos

N= 43 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no investiguen la musculatura implicada en los cambios de ritmo): N= 43

N= 4 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (11)

N= 10 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 10 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 9 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 3 artículos referidos a seres humanos

N= 2 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (12)

N= 11 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 10 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 8 artículos referidos a seres humanos

N= 5 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no investiguen el nervio gluteo superior): N= 24

N= 3 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (13)

N= 365 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 321 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 183 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 129 artículos referidos a seres humanos

N= 33 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que describan bloqueos a nivel central): N= 33

N= 6 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador PUBMED (14)

N= 18 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 18 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana

N= 6 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 2 artículos referidos a seres humanos

N= 2 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador SCIENCE DIRECT (1)

N= 0 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 0 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana.

N= 0 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 0 artículos referidos a seres humanos

N= 0 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

N= 5 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador SCIENCE DIRECT (2)

N= 26 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 25 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana.

N= 17 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 9 artículos referidos a seres humanos

N= 2 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que estudien patologies traumaticas): N= 1
- Criterio Exclusión 2 (todos aquellos que estudien patologies neurologicas): N= 1

N= 5 artículos finalmente incluidos

Diagrama de flujo del buscador SCIENCE DIRECT (3)

N= 1277 artículos sobre tema principal + Criterios Inclusión

N= 841 artículos completos en lenga inglesa, castellana o catalana.

N= 465 artículos con fecha de publicación entre 2018 y 2012

N= 267 artículos referidos a seres humanos

N= 213 artículos excluidos por Criterios de Exclusión:

- Criterio Exclusión 1(todos aquellos que no describian procedimientos con electromiografía de superfice): N= 213

N= 7 artículos finalmente incluidos

Ilustración 1: Diagramas de flujo de los diferentes buscadores utilizados para la localización de los artículos de la revisión.

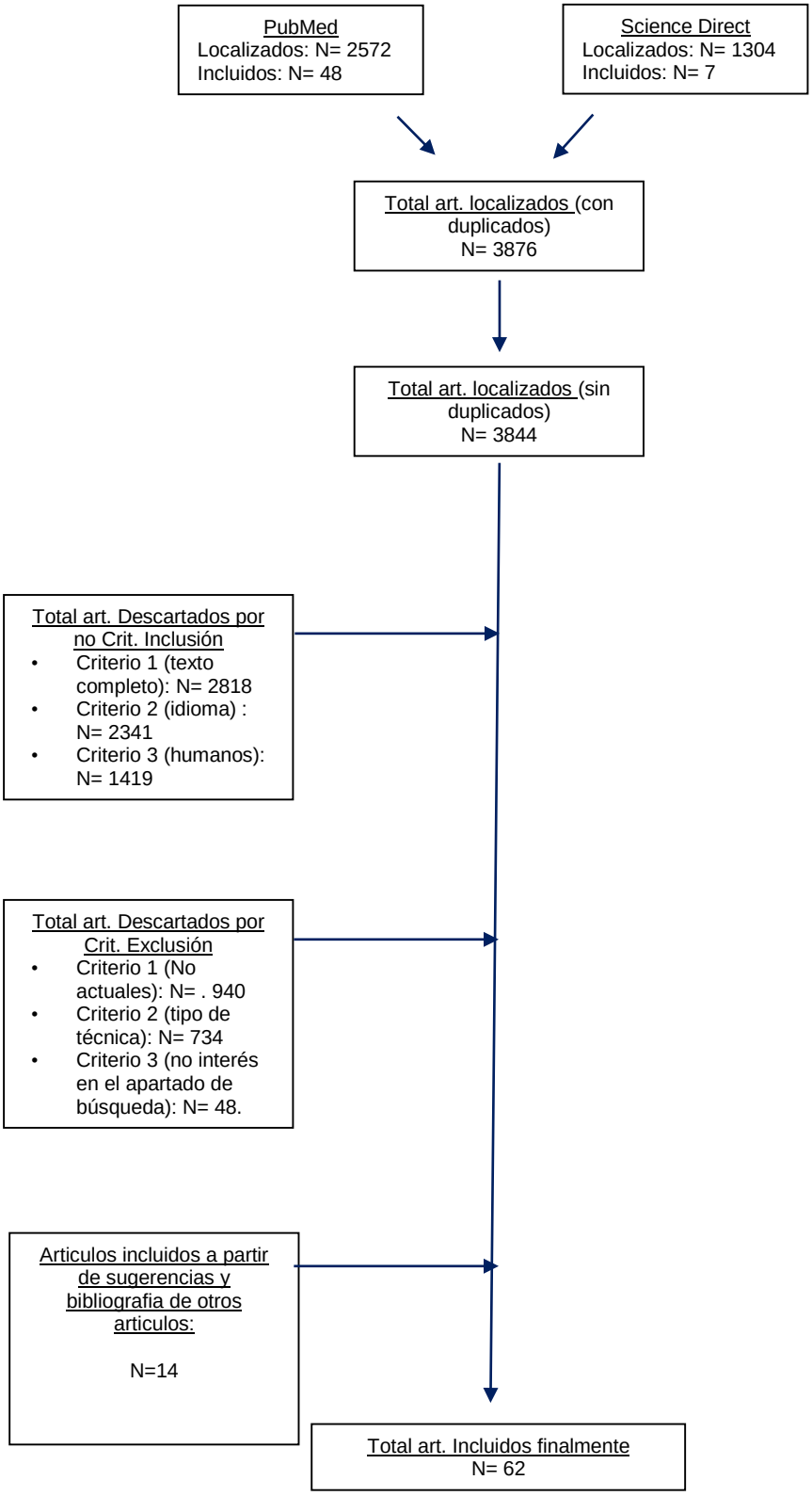

Ilustración 2: Diagrama de flujo de los artículos localizados e incluidos en la revisión.

Imágenes

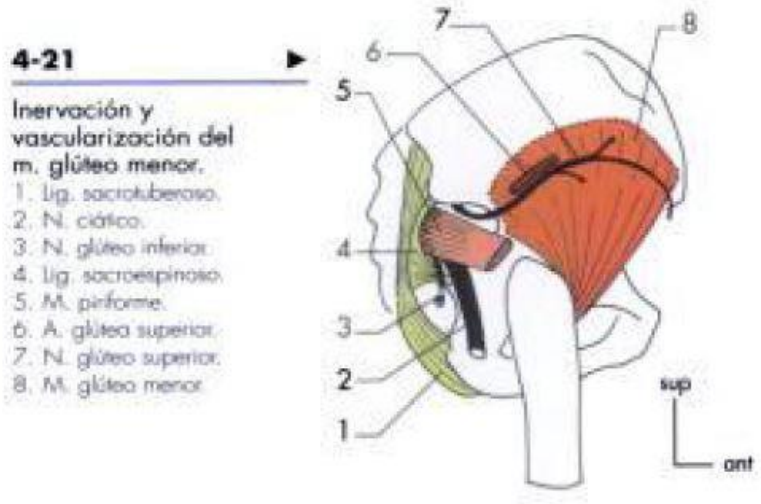

Imagen 1: Nervio glúteo superior (7) junto a la arteria glútea superior (6). Dufour M. Anatomía del aparato locomotor : osteología artrología, miología, aparato fibroso, neurología, angiología, morfotopografía. Masson. 2003.

Imagen 2: Ángulo Q de la rodilla. Powers CM. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. J Orthop Sport Phys Ther. 2003;33(11):639–46.

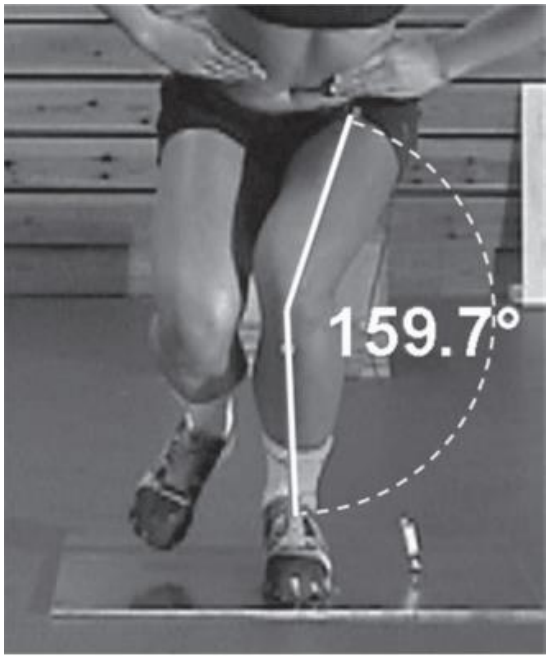

Imagen 3: Medición del ángulo Q de la rodilla en grados mediante Kinovea. Räisänen AM, Pasanen K, Krosshaug T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, et al. Association between frontal plane knee control and lower extremity injuries: a prospective study on young team

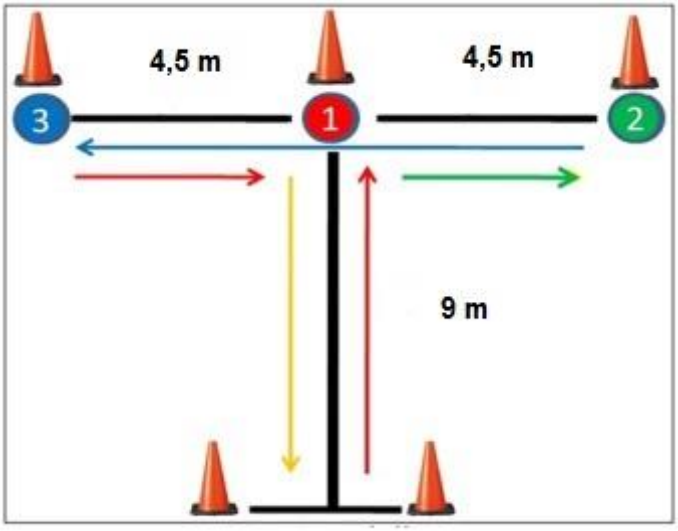

Imagen 4: T – Test. Elaboración propia.

ANEXOS II – Marco Práctico – Diseño

Tablas

		Obj. Ppal.	Obj. 2º$_1$	Obj. 2º$_2$	Obj. 2º$_3$	Obj. 2º$_4$
Marco Práctico Diseño del estudio	**Objetivo resumido**	Fuerza de los abductores de cadera tras la realización de NMP-e.	Actividad muscular de los abductores de cadera tras la realización de NMP-e.	Ángulo de valgo de rodilla en el plano frontal tras realización NMP-e.	Agilidad en T – test tras realización NMP- e.	Grado de satisfacción tras realización NMP-e.
	Variable concreta	Fuerza en abductores de cadera.	Actividad muscular de los abductores de cadera.	Ángulo de valgo de rodilla en el plano frontal.	Agilidad	Grado de satisfacción tras técnica de NMP-e.
	Método Recogida	Electromiografía de superficie "*mDurance"*.	Electromiografía de superficie "*mDurance*".	Cámara de video y marcadores.	Cronometro.	Escala "*Likert*"
	Momento Recogida	Preintervención y postintervención.	Preintervención y postintervención.	Preintervención y postintervención.	Preintervención y postintervención.	Postintervención.
	Método análisis	Media, máximo, mínimo, desviación estándar, p valor < 0,05	Media, máximo, mínimo, desviación estándar, p valor < 0,05	Media, máximo, mínimo, desviación estándar, p valor < 0,05	Media, máximo, mínimo, desviación estándar, p valor < 0,05	Porcentaje.

Tabla 1: Tabla resumen del diseño del estudio.

		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Marco Teórico	**Definición del tema**	X	X						
	Búsqueda bibliográfica	X	X	X					
	Elaboración de textos		X	X					
	Entrega del Marco Teórico				X				
Marco Práctico	**Diseño de cuestionarios**				X				
	Período de reclutamiento				X	X			
	Período de recogida de datos					X	X		
	Período de intervención						X	X	
	Análisis de los datos							X	
	Redacción final							X	
	Entrega del estudio							X	

Tabla 2: Cronograma general del estudio.

	Fases	Preintervención	Visita 1	Postintervención
	Día	1	1	1
Recogida de datos	**Fuerza de los abductores**	1	1	1
	Actividad muscular de los abductores	1	1	1
	Angulo Q de rodilla	1	1	1
	Agilidad	1	1	1
	Grado de satisfacción	1	1	1
Intervenciones	**NMP-e sobre nervio glúteo superior.**	-	1	1

Tabla 3: Cronograma de intervenciones y recogida de variables.

Formularios de requerimientos bioéticos

Compromiso del investigador

Sr. *Miguel Lozano Ramos (Col: 6805)*

Que conoce y acepta participar como investigadoras en el estudio:

Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo los puntos establecidos en este estudio, respetando las normas éticas aplicables a este tipo de investigaciones.

En Sevilla, a 15 de Marzo de 2018.

Firma

Consentimiento informado

HOJA DE INFORMACIÓN AL/A LA PARTICIPANTE

Nombre del/de la candidato/a a participante en el estudio:

…….....

Título del estudio:

EFICACIA DE LA NEUROMODULACIÓN PERCUTÁNEA ECOGUIADA EN LA ACTIVACIÓN DE LOS ABDUCTORES DE CADERA EN TENISTAS: ECA

Objetivos:

El presente estudio, para el cual solicitamos su colaboración, tiene como objetivo principal:

- Estimar el aumento de la fuerza de los abductores de cadera tras la realización de Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

Igualmente, tiene la intención de analizar los datos para unos objetivos secundarios:

- Evaluar la eficacia de la Neuromodulación Percutánea Ecoguiada (NMP-e) en el nervio glúteo superior en la mejora de la actividad muscular en los abductores de cadera en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Determinar la eficacia de NMP-e en el nervio glúteo superior en la reducción el ángulo de valgo de rodilla o ángulo Q en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Evaluar la mejora la agilidad tras la realización de NMP-e en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.
- Identificar el grado de satisfacción de los participantes tras la realización de NMP-e en el nervio glúteo superior en tenistas jóvenes de alto rendimiento.

Metodología utilizada / Diseño general del estudio: Se realizará una medición preintervención mediante test que valorarán el equilibrio, la agilidad, la fuerza y la velocidad de reclutamiento. Posteriormente realizaremos una intervención mediante Neuromodulación Percutánea Ecoguiada, y volveremos a evaluar postintervención mediante estos test.

El tiempo estimado será de alrededor de 30 minutos por participante. Tendrá lugar en el gimnasio del CTT Blas Infante en la Federación Andaluza de Tenis y en la clínica AY 360º Salud & Deporte.

La NMP-e consiste en la aplicación de una corriente eléctrica a través de una aguja de acupuntura directamente a nivel de diferentes estructuras: nervio, músculo, cápsula articular, ligamento y tendón con el objetivo de modular el dolor o normalizar el tono muscular, siempre de forma ecoguiada. Se trata de una técnica mínimamente invasiva y apenas indolora, realizada en nuestra práctica diaria en multitud de ocasiones. Las complicaciones son mínimas y muy poco frecuentes, pero son importantes que se conozcan

con detalle. Dolor local postpunción, hematoma subcutáneo por lesión vascular, sensación dolorosa nerviosa o reacciones neurovegetativas (mareos, disminución de tensión arterial, etc).

Participación en el estudio: su participación en este estudio es totalmente voluntaria y si durante el transcurso del estudio usted decide retirarse, puede hacerlo libremente en el momento en que lo considere oportuno, sin ninguna necesidad de dar explicaciones y sin que por este hecho haya de verse alterada su relación con el/la investigador/a principal, los/las investigadores/es colaboradores/as, los/las monitores/as o el patrocinador del estudio.

Confidencialidad de los datos: los resultados de las diversas pruebas realizadas, así como toda la documentación referente a su persona son absolutamente confidenciales u únicamente estarán a disposición del/de la investigador/a principal, los/las colaboradores/as, y las autoridades sanitarias competentes, si es el caso. Todas las medidas de seguridad necesarias para que los/las participantes en el estudio no puedan ser identificados y las medidas de confidencialidad en todos los casos serán completas, de acuerdo con la Ley Orgánica sobre protección de datos de carácter personal (Ley 15/1999 de 13 de diciembre).

Publicación de los resultados: el promotor del estudio reconoce la importancia y trascendencia del estudio y, por lo tanto, está dispuesto a publicar los resultados en una revista, publicación o reunió científica a determinar en el momento oportuno y de común acuerdo con los investigadores. Si usted lo desea, el investigador responsable del estudio podrá informarle de los resultados, así como de cualquier otro dato relevante que se conozca durante el estudio.

Investigador/a responsable del estudio: el/la Sr./a. Miguel Lozano Ramos (Col: 6805), número de teléfono 680.83.52.07, es la persona que le ha informado sobre los diferentes aspectos del estudio. Si usted desea formular cualquier pregunta sobre lo que se le ha expuesto o si desea alguna aclaración de cualquier duda sobre el estudio, puede manifestárselo en cualquier momento.

Si usted decide participar en este estudio, debe hacerlo otorgando su consentimiento con total libertad.

Los promotores del estudio y el/la investigador/a principal agradecen su inestimable colaboración.

Firmado:

Nombre y apellidos del/de la participante:

……..……..

D.N.I.: …… Edad:……... Fecha: ……..

Nombre y apellidos del padre, madre o tutor legal del/ de la participante:

……

D.N.I.: …… Edad:……... Fecha: ……...

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio:

EFICACIA DE LA NEUROMODULACIÓN PERCUTÁNEA ECOGUIADA EN LA ACTIVACIÓN DE LOS ABDUCTORES DE CADERA EN TENISTAS: ECA

Yo, ..., con el D.N.I. nº ....., me declaro mayor de 18 años, o ……..……., padre, madre o tutor legal de……, con DNI nº……., y declaro que he sido informado/a de manera amplia y satisfactoria, de manera oral y he leído el documento llamado "Hoja de información al participante", he entendido y estoy de acuerdo con las explicaciones del procedimiento, y que esta información ha sido realizada.

He tenido la oportunidad de hacer todas las preguntas que he deseado sobre el estudio.

Lo he hablado con:

Miguel Lozano Ramos (Col: 6805)

Comprendo que mi participación es en todo momento voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1° En el momento en que así lo desee,

2° Sin tener que dar ninguna explicación, y

3° Sin que este hecho pueda repercutir en mi relación con los/las investigadores/as ni promotores del estudio

Así pues, doy libremente mi conformidad para participar en este estudio.

Firmado:

Nombre y apellidos del/de la participante:

……...……...

D.N.I.: …….. *Edad:……..* *Fecha: ……..*

Nombre y apellidos del padre, madre o tutor legal del/ de la participante:

……

D.N.I.: …… Edad:……... Fecha: ……..

Firma del/de la investigador/a principal:

Investigador/a principal: Miguel Lozano Ramos (Col:6805)

Fecha: ……..

HOJA DE RENUNCIA

Título del estudio:

EFICACIA DE LA NEUROMODULACIÓN PERCUTÁNEA ECOGUIADA EN LA ACTIVACIÓN DE LOS ABDUCTORES DE CADERA EN TENISTAS: ECA

Yo, ..., con el D.N.I. nº ....., o ……..……..., padre, madre o tutor legal de……, con DNI nº……..,declaro que es mi deseo abandonar el estudio en el cual he estado participando.

Declaro que no ha habido ninguna presión ni insistencia a dar mis razones personales para el abandono, de acuerdo con las normas y los procedimientos de inclusión en el estudio.

Lo he hablado con:

Miguel Lozano Ramos (Col: 6805)

Comprendo que mi participación era en todo momento voluntaria y es mi deseo abandonar el estudio.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1° En el momento en que así lo desee,

2° Sin tener que dar ninguna explicación, y

3° Sin que este hecho pueda repercutir en mi relación con los/las investigadores/as ni promotores del estudio

Así pues, renuncio a seguir participando en este estudio.

Firmado:

Nombre y apellidos del/de la participante:

……..……..

D.N.I.: …… Edad:…….. Fecha: ……..

Nombre y apellidos del padre, madre o tutor legal del/ de la participante:

……

D.N.I.: …… Edad:……... Fecha: ……...

Firma del/de la investigador/a principal:

Investigador/a principal: Miguel Lozano Ramos (Col: 6805)

Fecha: ……...

Formulario de recogida de datos (o cuaderno de recogida de datos)

DATOS PERSONALES

Nombre participante: ……..

- Edad:
- Sexo:
- Altura:
- Peso:
- Ciudad:
- Email:

Brazo dominante:

Pierna glúteo medio débil:

PRUEBAS PREINTERVENCION

"*Clamshell*" glúteo medio derecho isométrico preintervención:

- **RMS**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **RMS/s**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

"*Clamshell*" glúteo medio derecho dinámico preintervención:

- **RMS**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

- **RMS/s**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

"*Clamshell* glúteo medio izquierdo isométrico preintervención:

- **RMS:**
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **RMS/s**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

"*Clamshell*" glúteo medio izquierdo dinámico preintervención:

- **RMS**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **RMS/s**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

Ángulo Q durante "*Single Leg Squat*" pierna débil preintervención:

- Repetición 1:
- Repetición 2:
- Repetición 3:

- Repetición 4:
- Repetición 5:

Media preintervención:

T – TEST preintervención:

- Intento 1:
- Intento 2:
- Intento 3:

PRUEBAS POSTINTERVENCION

"*Clamshell*" glúteo medio derecho o izquierdo isométrico postintervención:

- **RMS**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **RMS/s**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC**:
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

"*Clamshell*" glúteo medio derecho o izquierdo dinámico postintervención:

- **RMS:**
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **RMS/s:**
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:
- **MVIC:**
  - Repetición 1:
  - Repetición 2:
  - Repetición 3:

Ángulo Q durante "*Single Leg Squat*" pierna débil postintervención:

- Repetición 1:
- Repetición 2:
- Repetición 3:
- Repetición 4:
- Repetición 5:

Media postintervención:

T – TEST postintervención:

- Intento 1:
- Intento 2:
- Intento 3:

GRADO DE SATISFACCION POSTINTERVENCION

¿Cuál ha sido el grado de satisfacción tras la realización de la intervención?

1. Muy alto
2. Alto
3. Normal
4. Bajo
5. Muy bajo

ANEXOS III – Marco Práctico - Resultados

Gráficos

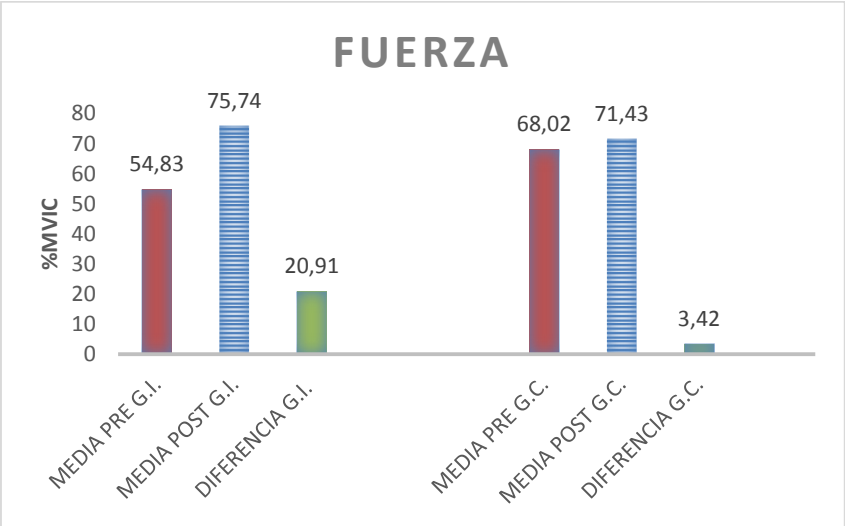

Gráfico 1: Representación de la media de los resultados del %MVIC en ambos grupos para la variable fuerza.

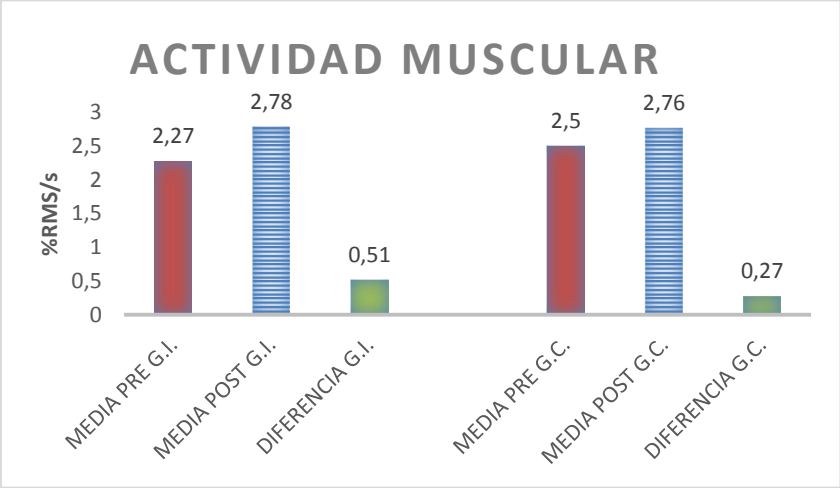

Gráfico 2: Representación de la media de los resultados del %RMS/s en ambos grupos para la variable actividad muscular.

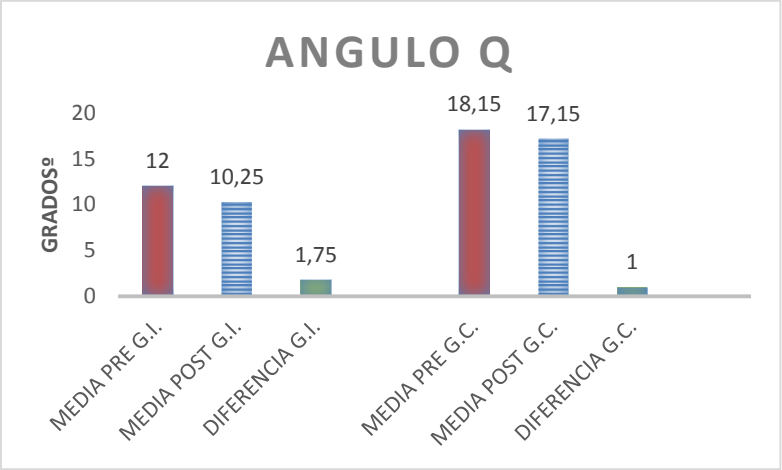

Gráfico 3: Representación de la media de los resultados de los grados en ambos grupos para la variable ángulo Q.

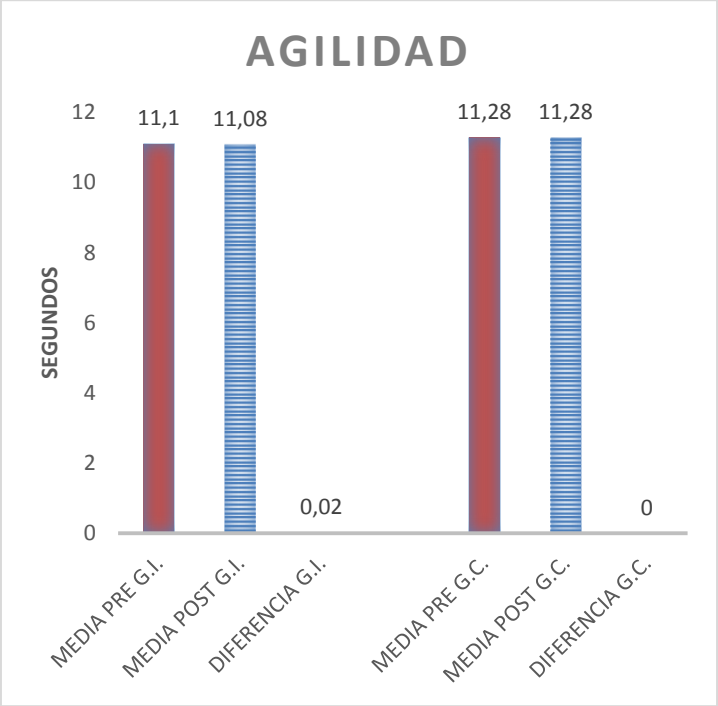

Gráfico 4: Representación de la media de los resultados de los segundos en ambos grupos para la variable agilidad.

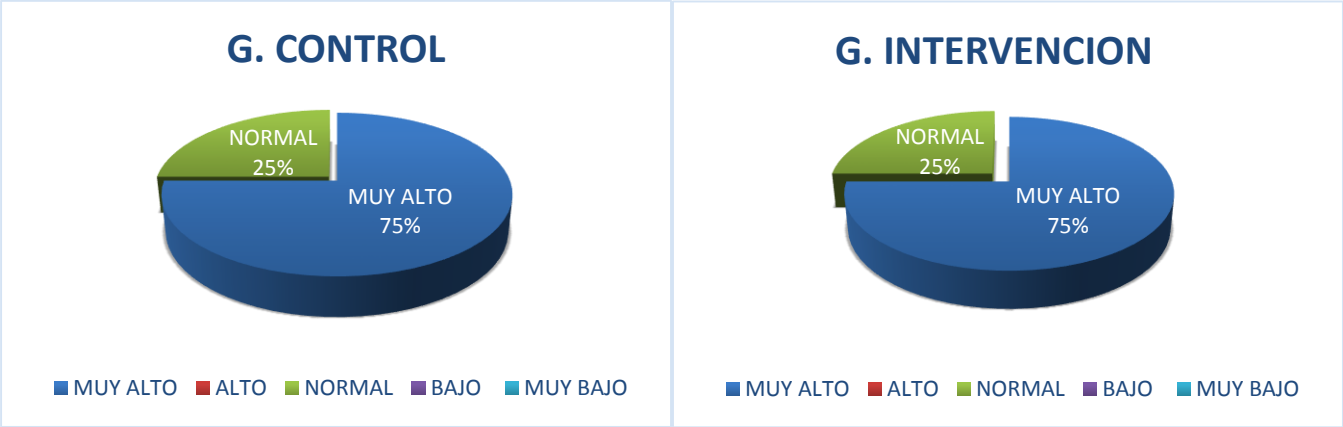

Gráfico 5: Porcentajes de la variable grado de satisfacción en ambos grupos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Kovacs MS, Moya M. In-Season Effect of a Combined Repeated Sprint and Explosive Strength Training Program on Elite Junior Tennis Players. J Strength Cond Res. 2015;29(2):351–7.

2. Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Mendez-Villanueva A. A Review of the Activity Profile and Physiological Demands of Tennis Match Play. Br J Sports Med.2009;31(4):15–26.

3. Barber-Westin SD, Hermeto AA, Noyes FR. A Six-Week Neuromuscular Training Program for Competitive Junior Tennis Players. J Strength Cond Res. 2010;24(9):2372–82.

4. Reid M, Duffield R. The development of fatigue during match-play tennis. Br J Sports Med. 2014;48(1):7-11.

5. Hader K, Mendez-Villanueva A, Ahmaidi S, Williams BK, Buchheit M. Changes of direction during high-intensity intermittent runs: neuromuscular and metabolic responses. BMC Sport Sci Med Rehabil. 2014;6(1):2.

6. Abrams GD, Renstrom PA, Safran MR. Epidemiology of musculoskeletal injury in the tennis player. Br J Sports Med. 2012;46(7):492–8.

7. McCurdie I, Smith S, Bell PH, Batt ME. Tennis injury data from The Championships, Wimbledon, from 2003 to 2012. Br J Sports Med. 2017;51(7):607–11.

8. Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW, et al. Tennis Injuries. J Am Acad Orthop Surg. 2015;23(3):181–9.

9. Gescheit DT, Cormack SJ, Duffield R, Kovalchik S, Wood TO, Omizzolo M, et al. Injury epidemiology of tennis players at the 2011-2016 Australian Open Grand Slam. Br J Sports Med. 2017;51(17):1289–94.

10. Cronin JB, Keogh JWL, Presswood L, Whatman C. Glúteo Medio: Anatomía Aplicada, Disfunción, Valoración y Fortalecimiento Progresivo - G-SE / Editorial Board / Dpto. Contenido. PubliCE. 2008;0.

11. Han H, Yi C, You S, Cynn H, Lim O, Son J. Comparative Effects of Four Single Leg Squat Exercises in Subjects with Gluteus Medius Weakness. J Sport Rehabil. 2017;1–27.

12. Powers CM. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. J Orthop Sport Phys Ther. 2003;33(11):639–46.

13. Goto S, Aminaka N, Gribble PA. Lower Extremity Muscle Activity, Kinematics, and Dynamic Postural Control in Individuals With Patellofemoral Pain. J Sport Rehabil. 2017;1–29.

14. Kim D, Unger J, Lanovaz JL, Oates AR. The Relationship of Anticipatory Gluteus Medius Activity to Pelvic and Knee Stability in the Transition to Single-Leg Stance. PM&R. 2016;8(2):138–44.

15. Cooper NA, Scavo KM, Strickland KJ, Tipayamongkol N, Nicholson JD, Bewyer DC, et al. Prevalence of gluteus medius weakness in people with chronic low back pain compared to

healthy controls. Eur Spine J. 2016;25(4):1258–65.

16. Kazemi K, Arab AM, Abdollahi I, López-López D, Calvo-Lobo C. Electromiography comparison of distal and proximal lower limb muscle activity patterns during external perturbation in subjects with and without functional ankle instability. Hum Mov Sci. 2017;55:211–20.

17. Grob K, Manestar M, Ackland T, Filgueira L, Kuster MS. Potential Risk to the Superior Gluteal Nerve During the Anterior Approach to the Hip Joint. J Bone Jt Surgery-American Vol. 2015;97(17):1426–31.

18. Sá M, Graça R, Reis H, Cardoso JM, Sampaio J, Pinheiro C, et al. Nervo glúteo superior: um novo bloqueio a caminho?. Rev Bras Anestesiol. 2017.

19. Ray B, Souza D', Saxena A, Nayak D, Rk S, Shetty P, et al. Morphology of the superior gluteal nerve: a study in adult human cadavers. Sci Ed Bratisl Lek List. 2013;114(7).

20. Valera Garrido F, Minaya Muñoz F. Fisioterapia invasiva. Elsevier. 2016.

21. Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM, Voll M, Wesker K, Schünke M. Prometheus, atlas de anatomía. Médica Panamericana. 2013.

22. Anders C, Patenge S, Sander K, Layher F, Biedermann U, Kinne RW. Detailed spatial characterization of superficial hip muscle activation during walking: A multi-electrode surface EMG investigation of the gluteal region in healthy older adults. PLoS One. 2017;12(6)

23. Llusá Pérez M, Merí A, Ruano Gil D, Molina O. Manual y atlas fotográfico de anatomía del aparato locomotor. Editorial Médica Panamericana. 2004

24. Bossy Langella M, Pedret Carballido C. Entesopatía del tensor de la fascia lata: a propósito de un caso en una tenista profesional. Apunt Med l'Esport. 2013;48(178):77–80.

25. Puentedura EJ, Buckingham SJ, Morton D, Montoya C, Fernandez de las Penas C. Immediate Changes in Resting and Contracted Thickness of Transversus Abdominis After Dry Needling of Lumbar Multifidus in Healthy Participants: A Randomized Controlled Crossover Trial. J Manipulative Physiol Ther. 2017;40(8):615–23.

26. Koppenhaver SL, Walker MJ, Rettig C, Davis J, Nelson C, Su J, et al. The association between dry needling-induced twitch response and change in pain and muscle function in patients with low back pain: a quasi-experimental study. Physiotherapy. 2017;103(2):131–7.

27. Cross KM, McMurray M. Dry needling increases muscle thickness in a subject with persistent muscle dysfunction: a case report. Int J Sports Phys Ther. 2017;12(3):468–75.

28. Dar G, Hicks GE. The immediate effect of dry needling on multifidus muscles' function in healthy individuals. J Back Musculoskelet Rehabil. 2016;29(2):273–8.

29. Huang L-P, Zhou S, Lu Z, Tian Q, Li X, Cao L-J, et al. Bilateral Effect of Unilateral Electroacupuncture on Muscle Strength. J Altern Complement Med. 2007;13(5):539–46.

30. Wilson RD, Harris MA, Gunzler DD, Bennett ME, Chae J. Percutaneous Peripheral Nerve

Stimulation for Chronic Pain in Subacromial Impingement Syndrome: A Case Series. Neuromodulation Technol Neural Interface. 2014;17(8):771–6.

31. Ilfeld BM, Gilmore CA, Grant SA, Bolognesi MP, Del Gaizo DJ, Wongsarnpigoon A, et al. Ultrasound-guided percutaneous peripheral nerve stimulation for analgesia following total knee arthroplasty: a prospective feasibility study. J Orthop Surg Res. 2017;12(1):4.

32. Ilfeld BM, Grant SA. Ultrasound-Guided Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation for Postoperative Analgesia. Reg Anesth Pain Med. 2016;41(6):720–2.

33. Rauck RL, Cohen SP, Gilmore CA, North JM, Kapural L, Zang RH, et al. Treatment of Post-Amputation Pain With Peripheral Nerve Stimulation. Neuromodulation Technol Neural Interface. 2014;17(2):188–97.

34. Li H, Xu Q-R. Effect of percutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of migraine. Medicine (Baltimore). 2017;96(39)

35. Chang K-V, Wu W-T, Özçakar L. Ultrasound-Guided Interventions of the Cervical Spine and Nerves. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2018;29(1):93–103.

36. Chapple W. Proposed Catalog of the Neuroanatomy and the Stratified Anatomy for the 361 Acupuncture Points of 14 Channels. J Acupunct Meridian Stud. 2013;6(5):270–4.

37. Zhang Y-T, Jin H, Wang J-H, Wen L-Y, Yang Y, Ruan J-W, et al. Tail Nerve Electrical Stimulation and Electro-Acupuncture Can Protect Spinal Motor Neurons and Alleviate Muscle Atrophy after Spinal Cord Transection in Rats. Neural Plast. 2017;2017:7351238.

38. Aveline C, Le Roux A, Le Hetet H, Vautier P, Cognet F, Bonnet F. Postoperative efficacies of femoral nerve catheters sited using ultrasound combined with neurostimulation compared with neurostimulation alone for total knee arthroplasty. Eur J Anaesthesiol. 2010;27(11):978–84.

39. Domingo-Triadó V, Selfa S, Martínez F, Sánchez-Contreras D, Reche M, Tecles J, et al. Ultrasound Guidance for Lateral Midfemoral Sciatic Nerve Block: A Prospective, Comparative, Randomized Study. Anesth Analg. 2007;104(5):1270–4.

40. Lewis SR, Price A, Walker KJ, McGrattan K, Smith AF. Ultrasound guidance for upper and lower limb blocks. Cochrane Database Syst Rev. 2015;(9).

41. Bloc S, Mercadal L, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Morel B, et al. Comfort of the patient during axillary blocks placement: a randomized comparison of the neurostimulation and the ultrasound guidance techniques. Eur J Anaesthesiol. 2010;27(7):628–33.

42. Gofeld M, Agur A. Peripheral Nerve Stimulation for Chronic Shoulder Pain: A Proof of Concept Anatomy Study. Neuromodulation Technol Neural Interface. 2018;21(3):284-289.

43. Pohl MB, Kendall KD, Patel C, Wiley JP, Emery C, Ferber R. Experimentally Reduced Hip-Abductor Muscle Strength and Frontal-Plane Biomechanics During Walking. J Athl Train. 2015;50(4):385–91.

44. Wadhwa V, Scott KM, Rozen S, Starr AJ, Chhabra A. CT-guided Perineural Injections for Chronic Pelvic Pain. RadioGraphics. 2016;36(5):1408–25.

45. Kendall KD, Patel C, Wiley JP, Pohl MB, Emery CA, Ferber R. Steps Toward the Validation of the Trendelenburg Test. Clin J Sport Med. 2013;23(1):45–51.

46. Mastenbrook MJ, Commean PK, Hillen TJ, Salsich GB, Meyer GA, Mueller MJ, et al. Hip Abductor Muscle Volume and Strength Differences Between Women With Chronic Hip Joint Pain and Asymptomatic Controls. J Orthop Sport Phys Ther. 2017;47(12):923–30.

47. Trulsson A, Miller M, Gummesson C, Garwicz M. Associations between altered movement patterns during single-leg squat and muscle activity at weight-transfer initiation in individuals with anterior cruciate ligament injury. BMJ open Sport Exerc Med. 2016;2(1):e000131.

48. Kianifar R, Lee A, Raina S, Kulic D. Automated Assessment of Dynamic Knee Valgus and Risk of Knee Injury During the Single Leg Squat. IEEE J Transl Eng Heal Med. 2017;5:2100213.

49. Räisänen AM, Pasanen K, Krosshaug T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, et al. Association between frontal plane knee control and lower extremity injuries: a prospective study on young team sport athletes. BMJ Open Sport Exerc Med. 2018;4(1):e000311.

50. Villarroya Aparicio MA. Electromiografía cinesiológica. Rehabilitación. 2005;39(6):255–64.

51. Chan MK, Chow KW, Lai AY, Mak NK, Sze JC, Tsang SM. The effects of therapeutic hip exercise with abdominal core activation on recruitment of the hip muscles. BMC Musculoskelet Disord. 2017;18(1):313.

52. Mills KR. The basics of electromyography. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2005;76:ii32-5.

53. Macedo C de SG, Vicente RC, Cesário MD, Guirro RR de J. Cold-water immersion alters muscle recruitment and balance of basketball players during vertical jump landing. J Sports Sci. 2016;34(4):348–57.

54. Tam N, Tucker R, Astephen Wilson JL. Individual Responses to a Barefoot Running Program. Am J Sports Med. 2016;44(3):777–84.

55. Ugalde V, Brockman C, Bailowitz Z, Pollard CD. Single Leg Squat Test and Its Relationship to Dynamic Knee Valgus and Injury Risk Screening. PM&R. 2015;7(3):229–35.

56. Pauole K, Madole K, Garhammer I, Lacourse M, Ralph Rozenek eNo, Data R, et al. Reliability and Validiry of the TlTest as a Measure of Agility , L. g Power , and L . g Speed in. J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc. 2000;14(4):443–150.

57. Sekulic D, Uljevic O, Peric M, Spasic M, Kondric M. Reliability and Factorial Validity of Non-Specific and Tennis-Specific Pre-Planned Agility Tests; Preliminary Analysis. J Hum Kinet. 2017;55:107–16.

58. Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. Br J Sports Med. 2011;45(7):589–95.

59. Moral-Muñoz JA, Esteban-Moreno B, Arroyo-Morales M, Cobo MJ, Herrera-Viedma E. Agreement Between Face-to-Face and Free Software Video Analysis for Assessing Hamstring Flexibility in Adolescents. J Strength Cond Res. 2015;29(9):2661–5.

60. Damsted C, Nielsen RO, Larsen LH. Reliability of video-based quantification of the knee- and hip angle at foot strike during running. Int J Sports Phys Ther. 2015;10(2):147–54.

61. Harland NJ, Dawkin MJ, Martin D. Relative utility of a visual analogue scale vs a six-point Likert scale in the measurement of global subject outcome in patients with low back pain receiving physiotherapy. Physiotherapy. 2015;101(1):50–4.

62. Burns A, Doheny EP, Greene BR, Foran T, Leahy D, O'Donovan K, et al. SHIMMER™: An extensible platform for physiological signal capture. In: 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology. IEEE; 2010.p.3759–62.

63. Burns A, Greene BR, McGrath MJ, O'Shea TJ, Kuris B, Ayer SM, et al. SHIMMER™ – A Wireless Sensor Platform for Noninvasive Biomedical Research. IEEE Sens J. 2010;10(9):1527–34.

64. De Luca CJ, Donald Gilmore L, Kuznetsov M, Roy SH. Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination. J Biomech. 2010;43(8):1573–9.