

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**CONOCER LA ACTIVIDAD ELECTROMIOGRÁFICA
DEL MÚSCULO CUÁDRICEPS EN EJERCICIOS DE
FUERZA. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

AUTOR: Solaeche Sáez, Diego.

TUTOR: Moreno Pérez, Víctor

Curso académico 2024-2025.

Convocatoria de junio

Departamento: Patología y

Cirugía



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	Objetivo.....	7
2	MATERIAL Y MÉTODO	7
2.1	Diseño del estudio.....	7
2.2	Fuentes documentales consultadas	7
2.3	Estrategia de búsqueda y método	8
2.4	Selección de artículos	8
2.5	Filtros realizados en la búsqueda	9
2.6	Proceso de identificación y selección de los estudios.....	9
2.7	Extracción de datos.....	10
3	RESULTADOS	10
3.1	Proceso de identificación y selección de los estudios.....	10
3.2	Riesgo de sesgo de los estudios incluidos.....	11
3.3	Características de la muestra empleada	12
3.4	Resultados encontrados	13
3.4.1	Músculos analizados en los estudios seleccionados	13
3.4.2	Principales ejercicios estudiados	13
3.4.3	Activación EMG de los músculos y ejercicios	15
3.4.4	Volumen e intensidad de trabajo	16
4	DISCUSIÓN.....	17
4.1	Características de los estudios examinados	17
4.2	Discusión sobre los músculos encontrados.....	17
4.3	Análisis de los ejercicios empleados y activación EMG.....	18
4.4	Análisis del volumen e intensidad estudiados.....	19
4.5	Limitaciones del estudio	19
5	CONCLUSIÓN.....	19
6	BIBLIOGRAFÍA.....	21

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de esta revisión bibliográfica consistió en conocer la actividad electromiográfica (EMG) de la musculatura del cuádriceps en diferentes ejercicios de fuerza.

Método: La búsqueda tuvo lugar entre octubre de 2024 y febrero de 2025, se utilizó una estrategia de búsqueda PICO y se crearon los diferentes motores de búsqueda para las siguientes bases de datos (PubMed, Scopus, SportDiscus, Embase). Para la evaluación de la calidad de los estudios, se empleó la escala PEDro, y se siguió las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020 para el estudio de las publicaciones realizadas en los últimos 10 años (2014-2024).

Resultados: Un total de 6 estudios fueron incluidos en esta revisión en los que se observó que el vasto lateral fue el músculo más analizado (%). En relación a los ejercicios, la sentadilla y el peso muerto fueron los ejercicios más estudiados donde la intensidad más trabajada fue de 10RM. Por otro lado, el recto femoral tuvo su mayor activación EMG media (93.8%) en el ejercicio de extensión de pierna en Contracción Isométrica Máxima Voluntaria (MVIC), el vasto lateral con la sentadilla (124.22%) y el vasto medial en la prensa (92.9%).

Conclusión: Los resultados demuestran que los músculos que forman parte del grupo muscular cuádriceps tienen una activación diferente dependiendo del ejercicio.

Palabras clave: Cuádriceps femoral, deportista, ejercicio, EMG.

ABSTRACT

Objective: The aim of this literature review was to examine the electromyographic (EMG) activity of the quadriceps muscles during different strength exercises.

Method: The search was conducted between October 2024 and February 2025 using a PICO-based strategy. Search engines were created for the following databases: PubMed, Scopus, SportDiscus, and Embase. The quality of the studies was assessed using the PEDro scale, and the review followed the PRISMA 2020 guidelines for studies published in the last 10 years (2014–2024).

Results: A total of 6 studies were included in this review. The vastus lateralis was the most frequently analyzed muscle (%). Regarding the exercises, the squat and deadlift were the most studied, with 10RM being the most commonly used intensity. The rectus femoris showed its highest mean EMG activation (93.8%) during the leg extension exercise in Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC), the vastus lateralis during the squat (124.22%), and the vastus medialis during the leg press (92.9%).

Conclusion: The results indicate that each muscle within the quadriceps group shows different levels of activation depending on the exercise performed.

Keywords: Quadriceps femoris, training status, exercise, EMG.

1 INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de fuerza ha demostrado ser una de las intervenciones más eficaces no solo para mejorar el rendimiento deportivo, sino también para la prevención de lesiones (1-3). En personas entrenadas, las adaptaciones neuromusculares, metabólicas y estructurales inducidas por este tipo de entrenamiento presentan características diferenciales respecto a las observadas en sujetos no entrenados (4,5), lo que exige enfoques específicos tanto en la planificación de los ejercicios como en la selección de los métodos de evaluación (6).

Dentro del entrenamiento de fuerza, los músculos que conforman el grupo muscular cuádriceps femoral, como son el recto femoral, vasto lateral, vasto medial y vasto intermedio (7,8), desempeñan un papel esencial en la extensión de rodilla, la estabilización de la articulación y la producción de fuerza en acciones funcionales como la carrera, el salto o el levantamiento de cargas (9-11). En individuos entrenados, optimizar el trabajo de estos músculos requiere un conocimiento preciso sobre qué ejercicios inducen una mayor activación muscular y en qué tipo de condiciones (6). No obstante, aunque se han publicado numerosos estudios que analizan esta actividad, los resultados varían según la técnica, la intensidad, el número de repeticiones o la experiencia del sujeto (12,13).

Ante esta necesidad de poder analizar la actividad del cuádriceps, la electromiografía de superficie (EMG) se ha consolidado como herramienta objetiva para cuantificar la activación del cuádriceps durante distintos ejercicios (14,15). Se considera especialmente útil para comparar la activación entre diferentes ejercicios cuando se expresan como porcentaje de la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) (16-18). Esta normalización permite comparar con fiabilidad diferentes ejercicios, ángulos, intensidades y estados de fatiga (15,19,20). Esta información resulta esencial para ajustar progresiones de carga a objetivos deportivos o terapéuticos (21-23). Sin embargo, a pesar del creciente número de publicaciones sobre este tema, existe una falta de consenso sobre qué ejercicios son más efectivos para activar los distintos músculos que conforman el grupo muscular cuádriceps en sujetos entrenados (24).

Además, en la mayoría de los estudios existentes, los participantes no siempre presentan niveles homogéneos de experiencia, lo que limita la aplicabilidad de los resultados en entornos deportivos o clínicos donde se requiere un control más preciso del estímulo neuromuscular (25). La heterogeneidad de los protocolos, las diferencias en la colocación de los electrodos o el uso de cargas no comparables entre investigaciones complican la interpretación conjunta de los datos y generan controversias sobre cuáles son los ejercicios más indicados para maximizar la activación del cuádriceps.

1.1 Objetivo

Ante esta situación, se planteó realizar una revisión de la literatura científica para poder conocer la actividad EMG de los músculos del cuádriceps en diferentes ejercicios.

2 MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Diseño del estudio

El presente trabajo de fin de Grado consiste en una revisión bibliográfica concreta, estructurada y crítica para conseguir los objetivos marcados en el apartado anterior. Para ello se siguió la normativa establecida por la declaración expresa PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses).

2.2 Fuentes documentales consultadas

La fecha de la búsqueda se realizó entre los meses de octubre de 2024 y febrero del 2025. Se utilizaron un total de 4 bases de datos PubMed, Scopus, Embase y SportDiscus. Esta revisión fue aprobada por el OIR, TFG COIR: TFG.GFI.VMP.DSS.241117.

2.3 Estrategia de búsqueda y método

Para la realización de este trabajo final de Grado se ha utilizado una metodología basada en la realización de una exhaustiva búsqueda de artículos científicos. En primer lugar, y la más utilizada, ha sido la base de datos Scopus, seguido de PubMed, SportDiscus y Embase.

Las palabras clave utilizadas, siempre combinadas entre ellas mediante los operadores booleanos “AND” o “OR” fueron las siguientes:

(Quadriceps muscle OR quadriceps muscles OR quadriceps femoris OR rectus femoris OR vastus medialis OR vastus lateralis OR Knee extensors OR Hip Flexors) AND (Trained man OR trained men OR trained male OR trained woman OR Trained women OR trained female) AND (Leg Press OR Spanish squat OR leg extension OR Barbel lunge OR step-up OR dead-lift OR deadlift OR Single-leg squat OR bulgarian squat OR squat* OR lunge* OR Isoinertial Training) AND (Muscle activity OR muscle activation OR electromyography OR electromyographical OR electromyographic OR electromyogram OR surface electromyography OR sEMG OR EMG)

Por otro lado, se utilizó el siguiente operador booleano “AND NOT” con los siguientes términos: “disease” OR “elderly” OR “infant” OR “diet*” OR “supplementation” OR “sedentary” OR “non-athlet*” OR “Pain*” OR “Hormon*” para poder cumplir con los criterios de inclusión y exclusión.

Todos estos términos fueron elegidos y combinados entre ellos siguiendo el modelo proporcionado por la estrategia PICO.

2.4 Selección de artículos

1. Criterios de inclusión:

Los criterios de inclusión utilizados para este trabajo fueron los siguientes:

- Pacientes adultos (18-65 años)
- Pacientes sanos
- Estudios publicados desde el año 2014 hasta 2024.
- Artículos en inglés o español.

- Estudios que utilicen electromiografía de superficie
- Proporcionar datos normalizados por MVIC.
- Evaluación de ejercicios de fuerza con resistencias o autocarga que impliquen cualquier musculatura del cuádriceps femoral
- Mínimo 6 meses de experiencia.

2. Criterios de exclusión:

Artículos repetidos en diferentes bases de datos.

- Revisiones sistemáticas
- No proporcionan datos sobre el porcentaje de activación.
- No especifica el método de normalización llevado a cabo.
- No especifican la experiencia en ejercicios de fuerza.

2.5 Filtros realizados en la búsqueda

En las cuatro bases de datos; Pubmed, Scopus, Embase y SportDiscus, como filtros se seleccionan únicamente artículos en español o inglés y los artículos publicados en los últimos 10 años (2014-2024). Por otra parte, se seleccionan diferentes tipos de estudio para así poder observar diferencias entre los resultados finales.

2.6 Proceso de identificación y selección de los estudios

Primero se realizó una búsqueda en las distintas bases de datos utilizando el motor de búsqueda mencionado anterior y posteriormente se aplicó los filtros del idioma, que estén en español o inglés; y que la fecha de publicación de dichos artículos sea en los últimos 10 años.

Seguidamente se utilizará la herramienta para la gestión de referencias bibliográficas, para poder encontrar los artículos que se encuentren repetidos entre las diferentes fuentes.

Por último, se valorará los diferentes artículos mediante la lectura de sus títulos y abstracts y que cumplan con los diferentes criterios de inclusión mencionados anteriormente.

2.7 Extracción de datos

Para responder a los objetivos propuestos se extrajeron datos de los estudios incluidos como: autor/es, título, año de publicación, tipo de estudio, objetivo, criterios de inclusión, número de la muestra, edad media, país, resultados, conclusiones y limitaciones.

3 RESULTADOS

3.1 Proceso de identificación y selección de los estudios

El número de artículos que apareció en la primera búsqueda, sin el uso de los diferentes filtros que se han mencionado en el apartado anterior fueron un total de 398 artículos. Una vez aplicados los diferentes filtros el número se redujo a un total de 231 artículos (128 Scopus, 39 Pubmed, 33 SportDicuss y 31 Embase) (Figura 1).

Para poder valorar la bibliografía repetida se usó el gestor de referencias bibliográficas Mendeley, en el que se hallaron un total de 59 artículos repetidos.

Una vez terminado el proceso de eliminación de artículos repetidos, comenzó la lectura de títulos y abstracts, en el que se seleccionaron un total de 83 artículos para su lectura completa, de los cuales solo cumplieron con los criterios de inclusión 9.

Tres artículos fueron eliminados; uno porque no especificaba la edad de los participantes del estudio y los otros dos por no especificar el tiempo de experiencia entrenando de los participantes del estudio.

Finalmente, nos quedamos con un total de 6 artículos para hacer esta revisión bibliográfica. Todos los seleccionados son estudios transversales.

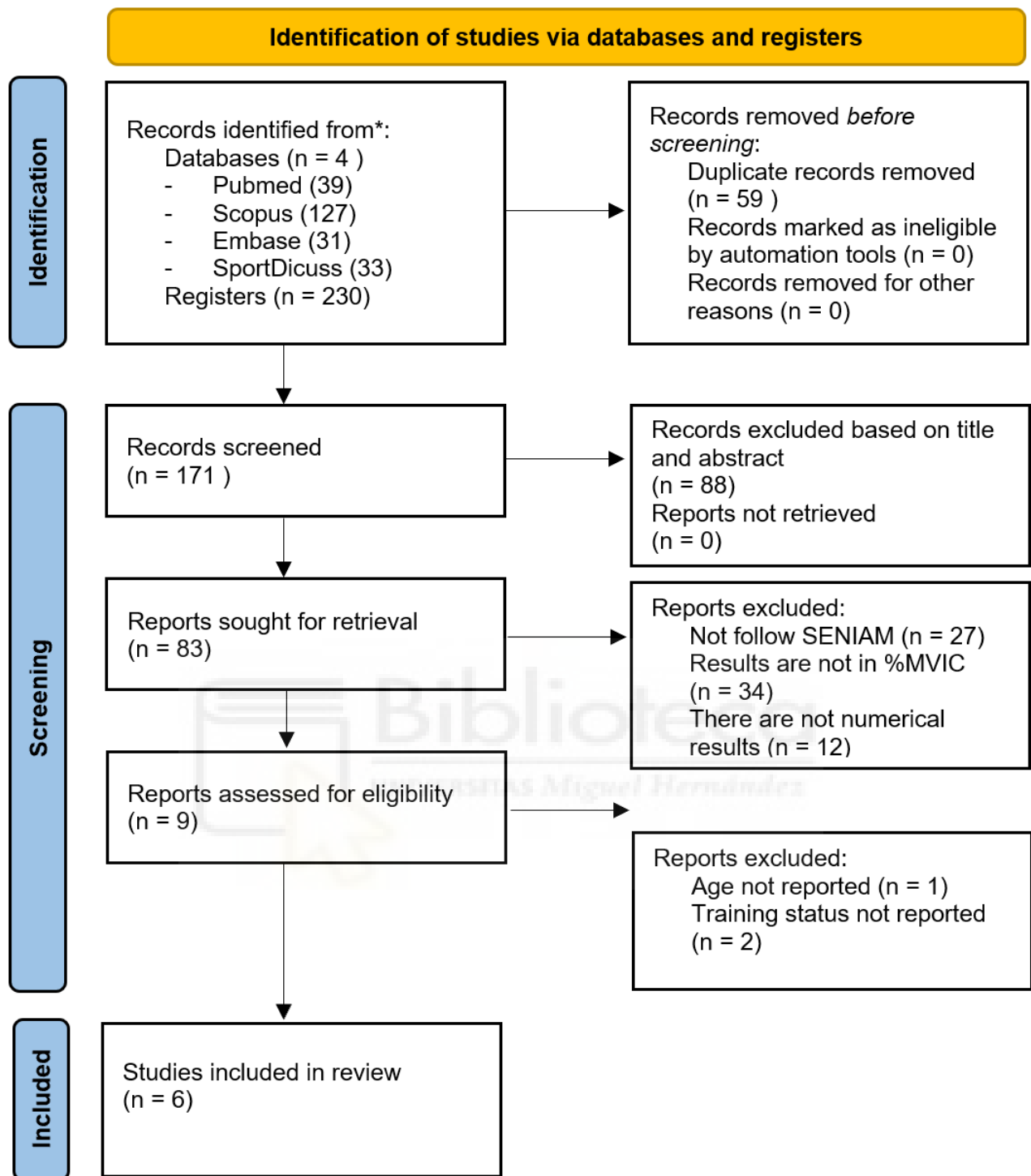


Figura 1. Diagrama de flujo

3.2 Riesgo de sesgo de los estudios incluidos

Para valorar el riesgo de sesgo de los estudios se utilizó la escala PEDro (Tabla 1). Todos los artículos cumplieron con un seguimiento adecuado, asignación oculta, análisis con intención de tratar, comparación entre grupos, variabilidad y medidas puntuales.

Sin embargo, 1/6 de los estudios no hicieron una asignación aleatorizada (27). Además, todos los trabajos incluidos no presentaron cegamiento en pacientes, terapeutas ni evaluadores.

5/6 estudios mostraron una buena calidad metodológica con una puntuación de 7/10 (26,28-31), mientras que 1/6 de los estudios mostró una calidad aceptable con 6/10 (27).

TABLA 1. Escala PEDro

Escala PEDro	Jo et al., 2022	Stien et al., 2021	Heelas et al., 2021	Bezerra et al., 2021	Contreras et al., 2015	Contreras et al., 2016
ASIGNACIÓN ALEATORIA	SI	NO	SI	SI	SI	SI
ASIGNACIÓN OCULTA	SI	SI	SI	SI	SI	SI
HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS AL PRINCIPIO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
CEGAMIENTO DE PARTICIPANTES	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CEGAMIENTO DE TERAPEUTAS	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CEGAMIENTO DE EVALUADORES	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SEGUIMIENTO ADECUADO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
INTENCIÓN DE TRATAR	SI	SI	SI	SI	SI	SI
COMPARACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE GRUPOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MEDIDAS PUNTUALES Y VARIABILIDAD	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PUNTUACIÓN FINAL	7 de 10	6 de 11	7 de 10	7 de 10	7 de 10	7 de 10

3.3 Características de la muestra empleada

Los 6 estudios sumaron un total de 88 participantes, de los cuales en el 54.5% fueron mujeres y el 45.5% restante fueron hombres (Tabla 2). La mayoría de los sujetos tenían una edad comprendida entre 20.8 ± 1.5 (27) años hasta 28.7 ± 9.3 años (29) (Tabla 2). En todos los casos, se reclutaron individuos con experiencia previa en entrenamiento de fuerza, variando desde los 6 meses (26) hasta los 8 ± 5.9 años de experiencia (27) (Tabla 2).

La procedencia de los participantes fue principalmente en un 33.3% neozelandés (30,31), en un 16.7% de Estados Unidos (26), en un 16.7% de Reino Unido (28) en un 16.7% Brasil (29) y en un 16.7% Noruega (27) (Tabla 2).

TABLA 2. Características de la muestra empleada

AUTOR	N			
	TOTAL N	EDAD	PAÍS	EXPERIENCIA
Jo et al., 2022	20 (10 hombres Y 10 mujeres)	Hombres: 20.8 ± 1.5 años Mujeres: 21.7 ± 1.8 años	Estados Unidos	> 6 meses de experiencia
Stien et al., 2021	15 hombres	27.0 ± 6.4 años	Noruega	8.0 ± 5.9 años de experiencia
Heelas et al., 2021	15 hombres	28.7 ± 9.3 años	Reino Unido	> 1 año de experiencia
Bezerra et al., 2021	12 mujeres	24.4 ± 3.0 años	Brasil	> 1 año de experiencia
Contreras et al., 2015	13 mujeres	28.9 ± 5.11 años	Nueva Zelanda	> 3 años de experiencia
Contreras et al., 2016	13 mujeres	28.9 ± 5.1 años	Nueva Zelanda	> 3 años de experiencia

3.4 Resultados encontrados

3.4.1 Músculos analizados en los estudios seleccionados

El músculo más analizado fue el vasto lateral (27,28,30,31) apareciendo en el 66.7% de los estudios, seguido del recto femoral (26,27,29) en un 50% de los estudios y por último el vasto medial con 33.3% (27,28) (Tabla 3).

3.4.2 Principales ejercicios estudiados

Los ejercicios que más aparecieron fueron la sentadilla en un 33.3% (30,31) y de peso muerto (26,28) en un 33.3% de los artículos, seguidos por los ejercicios estocada en un 16,7% (29), hip thrust 16,7% (30) y extensión de pierna 16,7% (27) (Tabla 3).

TABLA 3. Actividad EMG

AUTOR	MÚSCULOS	EJERCICIOS	VOLUMEN E INTENSIDAD	ACTIVACIÓN EMG
Jo et al., 2022	Recto femoral (RF)	Peso muerto	3 reps. 75% 3RM	Variante A (ángulo de rodilla 145-150°) Media: 24.7 ± 21.5%MVIC (RF) Pico: 46.9 ± 33.0%MVIC (RF) Variante B (ángulo de rodilla 105-115°) Media: 35.5 ± 25.4%MVIC (RF) Pico: 60.9 ± 38.7%MVIC (RF) Variante C (ángulo de rodilla 95-100 °) Media: 62.1 ± 31.3%MVIC (RF) Pico: 99.3 ± 41.6%MVIC (RF)
Stien et al., 2021	Recto femoral (RF) Vasto medial (VM) Vasto lateral (VL)	Prensa Extensión de pierna	3 reps. 6RM	Prensa Media: 69.5 (57.7 - 84.2) %MVIC (RF) Media: 92.9 (75.0 - 110.8)%MVIC (VM) Media: 105.5 (92.7 - 118.3)%MVIC (VL) Extensión de pierna Media: 93.8 (81.8 - 105.8) %MVIC (RF) Media: 78.8 (67.5 - 90.1) %MVIC (VM) Media: 87.9 (79.7 - 96.2)%MVIC (VL)
Heelas et al., 2021	Vasto medial (VM) Vasto lateral (VL)	Peso muerto	6 reps. con el peso establecido	100Kg sin banda (NB) Media: 69.4 ± 28.3% MVIC (VM) Media: 81.7 ± 20.7% MVIC (VL) Pico: 101.6 ± 23.3% MVIC (VM) Pico: 89.6 ± 33.5% MVIC (VL) 80kg con banda 20kg (B20) Media: 67.5 ± 21.9% MVIC (VM) Media: 81.4 ± 22.3% MVIC (VL) Pico: 101.7 ± 27.1% MVIC (VM) Pico: 86.3 ± 25.3% MVIC (VL) 75kg con banda 25kg (B25) Media: 69.4 ± 23.3% MVIC (VM) Media: 82.2 ± 24.4% MVIC (VL) Pico: 100.7 ± 27.5% MVIC (VM) Pico: 87.3 ± 25.4% MVIC (VL) 70kg con banda 30kg (B30) Media: 70.1 ± 25.5% MVIC (VM) Media: 81.0 ± 23.5% MVIC (VL) Pico: 98.3 ± 26.4% MVIC (VM) Pico: 88.0 ± 29.5% MVIC (VL)
Bezerra et al., 2021	Recto femoral (RF)	Estocada	6 reps. 30% peso corporal	Estocada estática Media: 64 ± 32%MVIC (RF) Estocada hacia delante Media: 69 ± 26%MVIC (RF) Estocada caminando Media: 75 ± 29%MVIC (RF)
Contreras et al., 2015	Vasto lateral (VL)	Sentadilla Hip thrust	10 reps. 10RM	Sentadilla trasera Media: 110.35 ± 47.24%MVIC (VL) Pico: 243.92 ± 121.63%MVIC (VL) Hip thrust Media: 99.47 ± 92.28%MVIC (VL) Pico: 215.83 ± 193.89%MVIC (VL)
Contreras et al., 2016	Vasto lateral (VL)	Sentadilla	10 reps. 10RM	Sentadilla paralela Media: 110.35 ± 47.24%MVIC (VL) Pico: 243.92 ± 121.63%MVIC (VL) Sentadilla profunda Media: 123.82 ± 67.42%MVIC (VL) Pico: 280.54 ± 166.16%MVIC (VL) Sentadilla frontal Media: 124.22 ± 72.96%MVIC (VL) Pico: 302.61 ± 191.80%MVIC (VL)

VL= Vasto lateral; VM= Vasto medial; RF= Recto femoral

3.4.3 Activación EMG de los músculos y ejercicios

Se encontró dos tipos de activación analizadas, la activación media en el 100% de los artículos (26-37) y la activación pico en el 66.7% (26,28,30,31) (Tabla 3).

El ejercicio que mayor activación media consiguió en el músculo recto femoral fue el ejercicio de extensión de pierna (27), seguido de los ejercicios de estocada (29), prensa (27) y peso muerto (26). Por otro lado, la activación pico para este músculo solo se analizó en los ejercicios de peso muerto (26) (Figura 2).

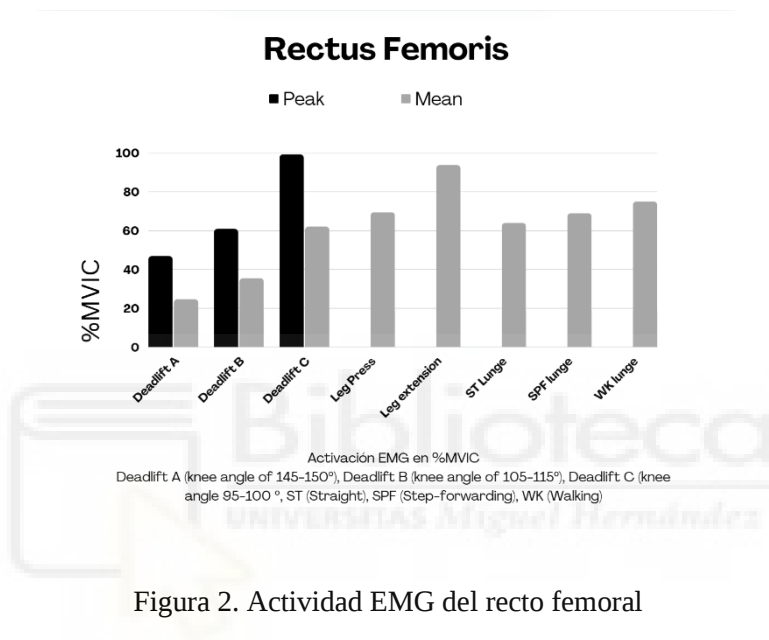


Figura 2. Actividad EMG del recto femoral

Para el vasto lateral fue la sentadilla (30,31) el ejercicio que más actividad EMG produjo, seguido por los ejercicios de prensa (27), hip thrust (30), extensión de pierna (27) y peso muerto (28). Además, se analizó su activación EMG máxima y se observó que la sentadilla (30-31) también fue el más activado por delante del hip thrust (30) y del peso muerto (28) (Figura 3).

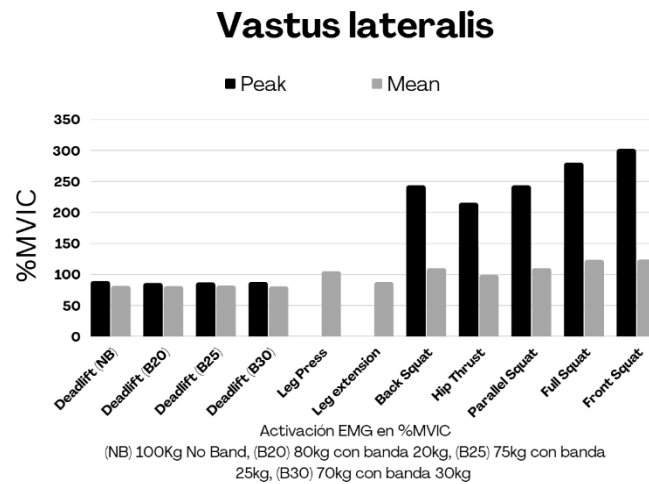


Figura 3. Actividad EMG del vasto lateral

Por último, en el músculo vasto medial el ejercicio que mayor actividad EMG media produjo fue el ejercicio de prensa (27), y seguidamente los ejercicios de extensión de pierna (27) y de peso muerto (28). Solamente se analizó la actividad EMG pico en los ejercicios de peso muerto (28) (Figura 4).

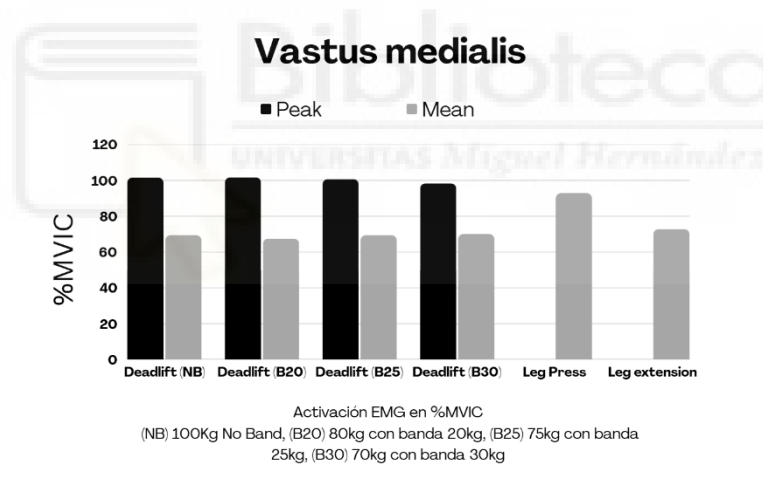


Figura 4. Actividad EMG del vasto medial

3.4.4 Volumen e intensidad de trabajo

El volumen de trabajo utilizado fue de 3 repeticiones en el 33.3% de los artículos (26,27), de 6 repeticiones en el 33.3 % de los artículos (28, 29) y de 10 repeticiones también en el 33.3% (30, 31) (Tabla 3).

Por otro lado, el nivel de intensidad ha sido el más frecuente el 10RM (30, 31) con un porcentaje de aparición de 33.3%, mientras al 75% 3RM en un 16.7% (26), 6RM en un 16.7% (27), peso establecido en un 16.7% (28) y el 30% de su peso corporal se también halló en 16.7% (29) (Tabla 3).

4 DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión consistió en conocer la actividad EMG del músculo cuádriceps en ejercicios de fuerza, para ello se ha realizado una búsqueda en las diferentes bases de datos, en un periodo de publicación de 10 años (2014-2024). A continuación, se discutirán los resultados obtenidos.

4.1 Características de los estudios examinados

En la presente revisión, se observó una distribución homogénea en relación al género de los participantes, sin embargo, sería interesante que futuros estudios hagan más estudios comparando la actividad EMG en función del género por sus diferencias fisiológicas (32). Por ejemplo, los hombres presentan mayor grosor muscular en reposo que las mujeres, lo que puede influir en la captación de la señal EMG (32,33). Además, en futbolistas, se ha observado que el vasto lateral tiende a activarse más en mujeres, y el vasto medial más en hombres (34). Por lo tanto, su conocimiento ayudaría a diseñar mejores programas de entrenamiento enfocados tanto al rendimiento deportivo como a la prevención de lesiones en el deporte masculino como femenino. Por otro lado, se observó una diferencia en la experiencia previa de los ejercicios reportada por los pacientes; de los 6 meses (26) hasta los 8 años (27). Aunque estudios previos establecen que la experiencia sobre un ejercicio puede modular la señal EMG (35); se pudo observar en otros estudios que tras unos seis meses de práctica esas oscilaciones se atenúan (35, 36). El descenso probablemente obedece a adaptaciones centrales y periféricas que elevan la eficiencia neuromuscular (4,5). Todo esto refuerza la importancia de considerar la experiencia como elemento a analizar en futuros estudios de la actividad EMG.

4.2 Discusión sobre los músculos encontrados

El músculo que más se analizó en esta revisión fue el vasto lateral, que probablemente su presencia se debe a su implicación en la estabilidad rotuliana (37) y su relación con el síndrome femoropatelar, ya

que una activación dominante respecto al vasto medial puede estar relacionada con la aparición de dicho síndrome, comprendiendo el 25% de las lesiones de rodilla observadas en la medicina deportiva (38). El recto femoral fue el segundo músculo más evaluado, posiblemente porque presenta una naturaleza biarticular que lo diferencia de los vastos (39,40), además de su alta incidencia lesional, especialmente en deportes como el fútbol (41). Cabe destacar que solo en uno de los artículos analizó simultáneamente el recto femoral, vasto lateral y vasto medial (28), lo que refleja la necesidad que futuras investigaciones incluyeran los tres músculos para facilitar las comparaciones entre ellos y poder establecer mejores estrategias terapéuticas y preventivas.

4.3 Análisis de los ejercicios empleados y activación EMG

Los resultados de esta revisión reflejaron que los ejercicios más estudiados fueron la sentadilla y el peso muerto. Probablemente responda a que los dos ejercicios son ejercicios de resistencia comunes que se realizan para mejorar la forma física de los deportistas (42). Sin embargo, cuando lo comparamos con otra revisión que analiza la actividad EMG en hombres sanos (43), la sentadilla vuelve a ser el ejercicio más utilizado, por lo que podemos determinar que la sentadilla es el ejercicio más estudiado.

Además, se ha observado que la actividad EMG media ha sido más utilizada que la actividad EMG pico, siendo una de las posibles causas que esta medición es más sensible a actividades EMG erráticas que pueden interferir en los resultados (35,36). En este sentido, resultados del presente trabajo de revisión mostraron una actividad EMG diferente dependiendo del músculo y ejercicio analizado. Se observó que el recto femoral tuvo mayor activación media en el ejercicio de extensión de pierna (28), un ejercicio de cadena cinética abierta, mientras que el vasto lateral y medial su mayor activación se produjo en la sentadilla (31) y en la prensa (28) respectivamente, ambos ejercicios de cadena cinética cerrada. Estos resultados concuerdan con los estudios publicados previamente (44,45). Posiblemente, estos resultados pueden explicarse por la naturaleza biarticular que tiene el músculo recto femoral (39,40), haciendo que, en ejercicios de cadena cinética cerrada, a la hora de tener que coordinar los movimientos de flexión de cadera y extensión de rodilla, reduzca su eficacia extensora, favoreciendo así la activación de los vastos (40).

Por otro lado, con los valores obtenidos no se observaron diferencias entre el vasto lateral y media, aunque hay estudios previos que si observaron una mayor activación en estos músculos cuando esto se combina con rotaciones de cadera y aducciones activamente (39).

4.4 Análisis del volumen e intensidad estudiados

Se encontró una gran variedad en el volumen y la intensidad de los estudios analizados. Aunque la intensidad más frecuente fue el 10RM (30,31), lo que sugiere una tendencia a evaluar esfuerzos de intensidad moderada-alta (46), la falta de homogeneidad en el volumen y la intensidad limita la comparabilidad entre estudios. Por ello, sería recomendable que futuras investigaciones establezcan protocolos estandarizados según el objetivo a analizar.

4.5 Limitaciones del estudio

Este estudio se ha realizado solamente en personas con experiencia en entrenamiento de fuerza con una familiarización al ejercicio a realizar de 6 meses. Por ende, no podemos concluir que esto sea aplicable en otro tipo de poblaciones sanas o con alguna patología.

Además, hay que tener en cuenta las limitaciones que tiene la EMG ya que puede sufrir interferencias por elementos como el grosor y cambios de la conductividad del tejido analizado (15).

5 CONCLUSIÓN

En esta revisión literaria hemos podido encontrar que los músculos que forman parte del grupo muscular cuádriceps tienen una activación diferente dependiendo del ejercicio. En relación al grupo muscular más estudiado, el vasto lateral es el músculo más analizado, mientras que la sentadilla es el ejercicio más estudiado. El recto femoral tiene una mayor activación en el ejercicio de extensión de pierna. Además, la flexión de cadera reduce la actividad del recto femoral en la extensión de rodilla. El vasto lateral tiene una mayor activación en ejercicios de sentadilla mientras que el vasto medial en el ejercicio de prensa.

Consideraciones para futuros estudios:

- Pacientes con la misma experiencia en entrenamientos de fuerza u otro tipo de pacientes.

- Que se analicen el recto femoral, vasto lateral y vasto medial de forma simultánea.
- Misma metodología de estandarización, repeticiones e intensidad de los ejercicios.

Los resultados obtenidos pueden ser de gran utilidad para fisioterapeutas, entrenadores físicos, atletas ya que pueden saber qué tipo de ejercicio van a ser más útiles a la hora de diseñar un programa de ejercicios en función de si queremos mayor o menor énfasis en alguno de los músculos del cuádriceps.



6 BIBLIOGRAFÍA

1. Maestroni L, Read P, Bishop C, Papadopoulos K, Suchomel TJ, Comfort P, et al. The benefits of strength training on musculoskeletal system health: Practical applications for interdisciplinary care. *Sports Med* [Internet]. 2020;50(8):1431–50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-020-01309-5>
2. Zheng G, Zeng S, Li T, Guo L, Li L. The effects of training intervention on the prevention of knee joint injuries: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol* [Internet]. 2025;16:1455055. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2025.1455055>
3. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, Webster KE, Beynnon B, Kocher MS, et al. “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?” A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* [Internet]. 2019;53(16):1003–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274>
4. Mangine GT, Redd MJ, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. Resistance training does not induce uniform adaptations to quadriceps. *PLoS One* [Internet]. 2018;13(8):e0198304. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0198304>
5. Santos PDG, Vaz JR, Correia J, Neto T, Pezarat-Correia P. Long-term neurophysiological adaptations to strength training: A systematic review with cross-sectional studies. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2023;37(10):2091–105. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000004543>
6. Dankel SJ, Mattocks KT, Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Counts BR, et al. Frequency: The overlooked resistance training variable for inducing muscle hypertrophy? *Sports Med* [Internet]. 2017;47(5):799–805. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-016-0640-8>

7. Bordoní B, Varacallo MA. Anatomy, bony pelvis and lower limb: Thigh quadriceps muscle. En: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
8. Angullo-Gómez P, Jiménez-Luna C, Perazzoli G, Prados J, Ortiz R, Cabeza L. Quadriceps femoris muscle: anatomical variations, population frequencies and clinical implications. *Folia Morphol (Warsz)* [Internet]. 2024;83(3):541–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5603/fm.97238>
9. Evans-Pickett A, Franz JR, Padua DA, Kiefer A, Schwartz TA, Pietrosimone B. Quadriceps strength does not associate with gait adaptation ability in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* [Internet]. 2025;60(4):288–95. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-0266.24>
10. Sharma L, Dunlop DD, Cahue S, Song J, Hayes KW. Quadriceps strength and osteoarthritis progression in malaligned and lax knees. *Ann Intern Med* [Internet]. 2003;138(8):613–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-138-8-200304150-00006>
11. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, Andrews JR. Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2012;42(3):208–20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2012.3768>
12. Marshall RN, Morgan PT, Martínez-Valdes E, Breen L. Quadriceps muscle electromyography activity during physical activities and resistance exercise modes in younger and older adults. *Exp Gerontol* [Internet]. 2020;136(110965):110965. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2020.110965>
13. Scott DJ, Ditroilo M, Marshall PA. Complex training: The effect of exercise selection and training status on postactivation potentiation in rugby league players: The effect of exercise selection

and training status on postactivation potentiation in rugby league players. J Strength Cond Res [Internet]. 2017;31(10):2694–703. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000001722>

14. Grzejszczak T, Rokseła A, Poświata A, Siemianowicz A, Kiełboń A, Mikulski M. Surface electromyography data analysis for evaluation of physical exercise habits between athletes and non-athletes during indoor rowing. Sensors (Basel) [Internet]. 2024;24(6):1964. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/s24061964>

15. Jang MH, Ahn SJ, Lee JW, Rhee M-H, Chae D, Kim J, et al. Validity and reliability of the newly developed surface electromyography device for measuring muscle activity during voluntary isometric contraction. Comput Math Methods Med [Internet]. 2018;2018:4068493. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/4068493>

16. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. J Electromyogr Kinesiol [Internet]. 2000;10(5):361–74. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s1050-6411\(00\)00027-4](http://dx.doi.org/10.1016/s1050-6411(00)00027-4)

17. Lathlean T, Ramachandran AK, Sim S, Whittle IR. Clinical utility and reproducibility of surface electromyography in individuals with chronic low back pain: a protocol for a systematic review and meta-analysis. BMJ Open [Internet]. 2022;12(5):e058652. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2021-058652>

18. Huenaerts C, Dewit T, Soentjens D, Monari D, Van Campenhout A, Desloovere K. Differences in surface electrode placement and its effect on duration of EMG activity. Gait Posture [Internet]. 2022;97:S7–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2022.07.014>

19. Earp JE, Angelino D, Hatfield DL, Colantuono V, Jackson ER, Morgan KD, et al. Differing hypertrophy patterns from open and closed kinetic chain training affect quadriceps femoris center of

mass and moment of inertia. *Front Physiol* [Internet]. 2023;14:1074705. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2023.1074705>

20. Anders JPV, Keller JL, Smith CM, Hill EC, Neltner TJ, Housh TJ, et al. Performance fatigability and neuromuscular responses for bilateral versus unilateral leg extensions in women. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2020;50(102367):102367. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102367>

21. Norozian B, Arabi S, Marashipour SM, Khademi Kalantari K, Akbarzadeh Baghban A, Kazemi SM, et al. Recovery of quadriceps strength and knee function using adjuvant EMG-BF after primary ACL reconstruction. *J Lasers Med Sci* [Internet]. 2023;14:e6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.34172/jlms.2023.06>

22. Santanielo N, Nóbrega SR, Scarpelli MC, Alvarez IF, Otoboni GB, Pintanel L, et al. Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals. *Biol Sport* [Internet]. 2020;37(4):333–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5114/biol sport.2020.96317>

23. Martín-Fuentes I, Oliva-Lozano JM, Muyor JM. Evaluation of the lower limb muscles' electromyographic activity during the leg press exercise and its variants: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020;17(13):4626. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17134626>

24. Gentil P, Bottaro M, Noll M, Werner S, Vasconcelos JC, Seffrin A, et al. Muscle activation during resistance training with no external load - effects of training status, movement velocity, dominance, and visual feedback. *Physiol Behav* [Internet]. 2017;179:148–52. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.06.004>

25. Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med* [Internet]. 2007;37(3):225–64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
26. Jo E, Valenzuela KA, Leyva W, Rivera J, Tomlinson K, Zeitz E. Electromyographic examination of hip and knee extension hex bar exercises varied by starting knee and torso angles. *Int J Exerc Sci* [Internet]. 2022;15(1):541–51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.70252/VOIZ8043>
27. Stien N, Saeterbakken AH, Andersen V. Electromyographic comparison of five lower-limb muscles between single- and multi-joint exercises among trained men. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2021;20(1):56–61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.52082/jssm.2021.56>
28. Heelas T, Theis N, Hughes JD. Muscle activation patterns during variable resistance deadlift training with and without elastic bands. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2021;35(11):3006–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.00000000000003272>
29. Bezerra EDES, Diefenthaler F, Nunes JP, Sakugawa RL, Heberle I, Moura BM, et al. Influence of trunk position during three lunge exercises on muscular activation in trained women. *Int J Exerc Sci* [Internet]. 2021;14(1):202–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.70252/IGJM9937>
30. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, Cronin J. A comparison of gluteus Maximus, biceps femoris, and Vastus lateralis electromyographic activity in the back squat and barbell hip thrust exercises. *J Appl Biomech* [Internet]. 2015;31(6):452–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/jab.2014-0301>
31. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, Cronin J. A comparison of gluteus Maximus, biceps femoris, and Vastus lateralis electromyography amplitude in the parallel, full, and

front squat variations in resistance-trained females. *J Appl Biomech* [Internet]. 2016;32(1):16–22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/jab.2015-0113>

32. Velez Vázquez T, Carbonero López P, del Baño Aledo ME. Estudio ecográfico de la arquitectura muscular de la musculatura de miembro inferior: variabilidad según sexo y edad. *Fisioter (Madr, Ed, Impresa)* [Internet]. 2022;44(1):6–14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2021.03.002>

33. Farina D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions. *Exerc Sport Sci Rev* [Internet]. 2006;34(3):121–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1249/00003677-200607000-00006>

34. Torres G, Armada-Cortés E, Rueda J, San Juan AF, Navarro E. Comparison of hamstrings and quadriceps muscle activation in male and female professional soccer players. *Appl Sci (Basel)* [Internet]. 2021;11(2):738. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/app11020738>

35. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med* [Internet]. 2006;36(2):133–49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200636020-00004>

36. Andersen LL, Andersen JL, Magnusson SP, Aagaard P. Neuromuscular adaptations to detraining following resistance training in previously untrained subjects. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2005;93(5–6):511–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1297-9>

37. Abelleira Lastoria DA, Benny CK, Hing CB. The effect of quadriceps anatomical factors on patellar stability: A systematic review. *Knee* [Internet]. 2023;41:29–37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2022.12.015>

38. Hryvniak D, Magrum E, Wilder R. Patellofemoral pain syndrome: An update. *Curr Phys Med Rehabil Rep* [Internet]. 2014;2(1):16–24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s40141-014-0044-3>
39. Cheon S, Lee J-H, Jun H-P, An YW, Chang E. Acute effects of open kinetic chain exercise versus those of closed kinetic chain exercise on quadriceps muscle thickness in healthy adults. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020;17(13):4669. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17134669>
40. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1998;30(Supplement):48. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199805001-00269>
41. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med* [Internet]. 2013;47(6):359–66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2012-091250>
42. Chiu L, Moore C, Favre M. Powerlifting Versus Weightlifting for Athletic Performance. *Strength Cond J* [Internet]. 2007;29(5):55. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1519/1533-4295\(2007\)29\[55:pvwfap\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1519/1533-4295(2007)29[55:pvwfap]2.0.co;2)
43. Shahreza MS,, Zandi SH, Mousavi SH. Evaluation of Quadriceps Femoris Muscle Electromyography Activity in Healthy Adult Males During Common Strength Exercises: A Systematic Review. *IJMPP*. 2024; 9(4): 1106-1
44. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2010;24(10):2857–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>

45. Martín-Fuentes I, Oliva-Lozano JM, Muyor JM. Influence of feet position and execution velocity on muscle activation and kinematic parameters during the inclined leg press exercise. *Sports Health* [Internet]. 2022;14(3):317–27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/19417381211016357>
46. Lima FM, Brenner D, Rodrigues G de M, Fernandes LFRM, Bertoncello D. Is the 10-RM test ideal for evaluating trained and untrained individuals? 2020; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6063/MOTRICIDADE.18097>

