

**EFFECTO DE LA INSTRUCCIÓN EN LA ACTIVIDAD
MUSCULAR DURANTE EL EJERCICIO DE PESO MUERTO
ISOMÉTRICO**



Autor: D. Samuel De La Cruz Castellano

Tutor: D. Ángel Carnero Díaz

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Tipología: Estudio de investigación

Curso académico: 2022/2023

Índice

1.	RESUMEN.....	4
2.	INTRODUCCIÓN	6
3.	JUSTIFICACIÓN.....	10
4.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
4.1	OBJETIVOS	11
4.2	HIPÓTESIS	12
5.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
5.1	INSTRUCCIÓN.....	13
5.2	ACTIVIDAD MUSCULAR Y ELECTROMIOGRAFÍA.....	15
5.3	EJERCICIO.....	17
6.	METODOLOGÍA.....	18
6.1	CRONOGRAMA	18
6.2	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
6.2.1	<i>Procedimiento de búsqueda</i>	20
6.2.2	<i>Criterios de inclusión-exclusión</i>	21
6.3	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	22
6.4	INSTRUMENTACIÓN	25
6.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
7.	RESULTADOS	27
7.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	37
8.	DISCUSIÓN	39
9.	CONCLUSIONES.....	42
10.	IMPLICACIONES Y PROPUESTAS PARA POSTERIORES ESTUDIOS	44
11.	REFERENCIAS.....	47

Índice de tablas.

TABLA 6.1.1. CRONOGRAMA DE LA INTERVENCIÓN POR DÍAS.	18
TABLA 6.1.2. CRONOGRAMA DE LA INTERVENCIÓN DIVIDIDO POR MESES.	19
TABLA 6.3.1. INSTRUCCIÓN IMPARTIDA A CADA GRUPO DEL ESTUDIO.	24
TABLA 7.4 REVISIÓN SISTEMÁTICA ENCONTRADAS TRAS LA BÚSQUEDA.....	28
TABLA 7.1.5. COMPARACIÓN ISO VL EN % DE LA MVC (CNT vs ANA vs EXP).	37
TABLA 7.1.6. COMPARACIÓN ISO L1 EN % DE LA MVC (CNT vs ANA vs EXP).....	38
TABLA 7.1.7. COMPARACIÓN ISO T9 EN % DE LA MVC (CNT vs ANA vs EXP).....	38
TABLA 7.1.8. COMPARACIÓN ISO DP EN % DE LA MVC (CNT vs ANA vs EXP).....	39

Índice de figuras.

FIGURA 6.4.1. DISEÑO COLOCACIÓN DEL LABORATORIO PARA EL ESTUDIO.	26
FIGURA 7.2. DIAGRAMA PRISMA DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	27

1. Resumen

En los últimos años, se ha estudiado acerca de la actividad muscular en relación con el levantamiento de cargas, utilizando un análisis electromiográfico exhaustivo para determinar una postura óptima en la ejecución de dicha tarea motora. Este estudio tenía como objetivo comparar el efecto de la instrucción en la actividad muscular durante tareas isométricas, bajo tres condiciones experimentales: control (CNT), analogía (ANA) y explícita (EXP). La muestra se correspondía con sujetos jóvenes mayores de edad que hubiesen participado en un programa de entrenamiento guiado por algún profesional por más de seis meses. Quince participantes, sin experiencia previa y sin lesión o dolor muscular participaron en el estudio. Los sujetos acudieron cuatro días al laboratorio a lo largo de tres semanas, donde se le aplicaron las 3 condiciones experimentales de manera aleatoria cada día, en un ejercicio de levantamiento de cargas dinámico y otro ejercicio isométrico. Aunque se ha investigado acerca del foco atencional interno y externo en la realización de tareas dinámicas, no se ha tenido en cuenta para realizar la intervención. Se utilizó el electromiógrafo Mdurance para controlar las variables de actividad muscular en el vasto lateral, erector espinal L1, erector espinal T9 y deltoides posterior, ya que fueron recogidos como los principales músculos implicados en un ejercicio de peso muerto o levantamiento de cargas. Tras siete semanas de intervención se obtuvieron los siguientes resultados: el vasto lateral presentó una mayor activación bajo la condición analógica en comparación con la condición control y explícita. Tanto el erector espinal L1 como el erector espinal T9 siguieron el mismo patrón de activación muscular que el vasto lateral. El deltoides posterior a diferencia de los 3 anteriores presentó una mayor activación bajo la condición control. El presente estudio indicó que la mejor condición experimental para realizar este tipo de tareas motoras fue el uso de analogía, ya que presentó mayores beneficios en relación con la actividad muscular y fue la condición que preferían los sujetos para realizar la tarea.

Palabras clave: peso muerto, electromiografía, aprendizaje implícito, aprendizaje explícito, tareas dinámicas.

Abstract

In the last few years, studied about muscular activity in relation to the lifting of loads, using an exhaustive electromyographic analysis to determine an optimal posture in the execution of this motor area. This study aimed to compare the effect of instruction on muscle activity during isometric tasks, under three experimental conditions: control (CNT), analogy (ANA), and explicit (EXP). The sample corresponded to young subjects of legal age who had participated in a training program guided by a professional for more than six months. Fifteen participants, with no prior experience and no muscle injury or pain participated in the study. The subjects attended the laboratory for four days over three weeks, where the 3 experimental conditions were randomly applied each day, in a dynamic load-bearing exercise and another isometric exercise. Although internal and external attentional focus has been investigated in performing dynamic tasks, it has not been taken into account when carrying out the intervention. The Mdurance electromyograph was used to control the variables of muscle activity in the vastus lateralis, spinal erector L1, spinal erector T9 and posterior deltoid, since they were collected as the main muscles involved in a deadlift or weight lifting exercise. After seven weeks of intervention, the following results were obtained: the vastus lateralis presented greater activation under the analogue condition compared to the control and explicit condition. Both the L1 erector spinae and the T9 erector spinae followed the same pattern of muscle activation as the vastus lateralis. Unlike the 3 anterior deltoids, the posterior deltoid presented greater activation under the control condition. The present study indicated that the best experimental condition to perform this type of motor tasks was the use of analogy, since it presented greater benefits in relation to muscle activity and was the condition that the subjects preferred to perform the task.

Keywords: deadlift, electromyography, implicit learning, explicit learning, dynamic task.

2. Introducción

En los últimos años, se han llevado a cabo diversos estudios que han analizado la actividad muscular en el ejercicio de peso muerto y sus variantes mediante la electromiografía (Andersen et al., 2019, 2021; Coratella et al., 2022; Edington et al., 2018; Jo et al., 2022; Lee et al., 2018; Martín-Fuentes et al., 2020; Pratt et al., 2020; Stock & Thompson, 2014a, 2014b). Estos estudios se han centrado en identificar los principales músculos implicados en el ejercicio y cómo varía la actividad muscular según la técnica utilizada.

El ejercicio de peso muerto, también conocido como "deadlift", es una actividad multiarticular que involucra la extensión de las articulaciones de la cadera y la rodilla, manteniendo los pies a la anchura de los hombros. Durante el movimiento, los brazos pasan por fuera de los muslos, y se activan principalmente los grupos musculares de las piernas y la parte inferior de la espalda. Además, los músculos superiores de los hombros, los brazos y la zona superior de la espalda también se activan para estabilizar y agarrar la barra (Camara et al., 2016). Por lo tanto, el ejercicio de peso muerto tiene un impacto significativo en ciertos grupos musculares, y esta activación varía según aspectos técnicos, como el tipo de agarre utilizado (Pratt et al., 2020).

Dado el énfasis en una buena ejecución técnica, la instrucción sobre la forma de realizar el ejercicio, vinculándola al enfoque de atención, puede considerarse un factor clave que puede tener un efecto positivo en la actividad muscular. Algunos estudios, como el realizado por Komar et al. (2014), han demostrado que utilizar un enfoque de atención interna inducido por analogía puede ser beneficioso para mejorar la coordinación entre las extremidades en actividades como la natación. En la misma línea, Sherwood et al. (2020) señalan en su estudio que, en una tarea motora como el lanzamiento de dardos, un enfoque de atención externo reduce las demandas de atención en comparación con un enfoque de atención interna, considerando que el enfoque de atención también depende de las demandas generales de atención de las tareas involucradas.

En relación a todas estas cuestiones, poseemos conocimiento acerca de cómo el enfoque de atención afecta al rendimiento en una actividad motora y cómo se ve influenciada la musculatura involucrada en el ejercicio de peso muerto o levantamiento de cargas, a través de estudios electromiográficos. Sin embargo, es importante destacar que hasta ahora estas dos áreas de

investigación han sido abordadas de manera independiente, sin establecer una conexión entre ambas. Se ha comprobado que un enfoque de atención externo puede disminuir las demandas atencionales y acelerar los procesos de aprendizaje motor en comparación con un enfoque interno (Gose & Abraham, 2021; Sherwood et al., 2020). No obstante, este mismo enfoque externo puede mejorar el rendimiento y la calidad del movimiento en el corto plazo, respaldado por la hipótesis de acción restringida, en contraste con un enfoque interno (Nicklas et al., 2022; Yamada & Raisbeck, 2021). Centrar la atención en los efectos del movimiento puede favorecer el rendimiento en lugar de enfocarse explícitamente en el movimiento en sí, lo cual dificulta el aprendizaje y la ejecución de habilidades motoras (Lohse & Ketels, 2012). Además, proporcionar una cantidad reducida de información puede resultar beneficiosa para el aprendizaje y retención de habilidades deportivas, al disminuir la carga atencional y permitir un mayor uso de recursos para ejecutar dichas habilidades (Lazarraga, 2019).

En relación al ejercicio de peso muerto, se dispone de amplia información acerca de los principales grupos musculares implicados en función de diversos factores, como el tipo de variante del ejercicio que se realice. Es importante considerar la variación del peso muerto a entrenar según los objetivos de la sesión o la tarea específica (Coratella et al., 2022). Además, el tipo de agarre empleado también desempeña un papel relevante, siendo el agarre mixto de la barra el más beneficioso para reducir la dificultad técnica (Pratt et al., 2020). Cabe resaltar que, según Lee et al. (2018), la técnica óptima para entrenar los músculos de las extremidades inferiores es el peso muerto convencional, que también proporciona mejoras en la fuerza de los músculos extensores de rodilla (Stock & Thompson, 2014b). La electromiografía desempeña un papel fundamental al permitir conocer la actividad muscular generada en los distintos grupos musculares. En el caso del peso muerto, se observa una actividad muscular considerable en el cuádriceps, específicamente en el recto femoral y el vasto lateral, lo que resulta en una disminución de la activación de la cadena posterior. Además, se activan el erector de la columna y el glúteo mayor (Andersen et al., 2019, 2021; Edington et al., 2018; Jo et al., 2022; Martín-Fuentes et al., 2020; Stock & Thompson, 2014a).

A pesar de que existen numerosos estudios que han explorado la relación entre el enfoque de atención y la optimización del rendimiento motor, son escasas las investigaciones que abordan el

efecto del enfoque de atención interno o externo en la actividad muscular durante el levantamiento de cargas. Sería de gran valor comprender esta relación entre la actividad muscular y el ejercicio de peso muerto, dado que el levantamiento de cargas implica un movimiento fundamental que tiene amplias implicaciones tanto en la vida cotidiana como en el desarrollo de la fuerza. Por tanto, resulta interesante considerar la aplicación de una postura neutral al levantar objetos, donde la actividad muscular contrarreste el torque y las fuerzas de cizallamiento externas que actúan sobre la columna lumbar, con el objetivo de prevenir posibles lesiones o dolor lumbar (Edington et al., 2018).

Adquirir conocimiento acerca del impacto de las instrucciones en la actividad muscular durante el levantamiento de cargas resultaría altamente relevante. El uso de analogías, por ejemplo, representa un enfoque alternativo y práctico que puede facilitar un aprendizaje implícito. Una simple instrucción analógica puede permitir a los alumnos explorar el espacio de trabajo de forma más libre y realizar la tarea de manera más eficiente (Master, 2000). Esta eficiencia en la ejecución de una tarea motora constituiría una forma efectiva de mejorar la ergonomía y la funcionalidad en el levantamiento de cargas. Aunque no se disponga de evidencia científica sólida en este sentido, los aspectos biomecánicos del ejercicio de peso muerto, estudiados mediante electromiografía y análisis del movimiento, sugieren que una técnica adecuada en este ejercicio implica una activación significativa de los músculos isquiotibiales, lo que podría resultar beneficioso en términos de prevención de lesiones (Stock & Thompson, 2014b). Asimismo, se reconoce que el peso muerto es un movimiento fundamental con amplia aplicabilidad en la vida cotidiana, especialmente debido a su capacidad para mejorar la producción de fuerza (Edington et al., 2018).

De este modo, proporcionar instrucciones adecuadas puede contribuir a que el deportista adquiera un patrón de movimiento y obtenga resultados exitosos (Schutts et al., 2017). Por lo tanto, contar con una comprensión de los modelos de instrucción y retroalimentación más eficientes puede tener un impacto positivo en la calidad de la información suministrada, lo que se traduce en una influencia directa en el rendimiento motor, el aprendizaje y las respuestas emocionales de las personas durante el entrenamiento. Hasta donde tengo conocimiento, no se ha llevado a cabo ningún estudio previo que se centre en analizar el efecto de una instrucción adecuada en el levantamiento de cargas mediante el control de la actividad muscular.

En consecuencia, el propósito de esta intervención fue investigar los efectos de la instrucción basada en analogía y enfoque interno en la actividad muscular, la producción de fuerza y la respuesta emocional durante el levantamiento de cargas en la modalidad isométrica y dinámica del peso muerto. Para lograr esto, cada participante acudió al estudio durante 4 días, en los cuales se realizaron dos tipos de tareas diferentes bajo distintas estrategias de instrucción. Estas tareas consistieron en una tarea dinámica relacionada con el levantamiento de cargas y una tarea isométrica sobre una placa de metal. Dichas tareas se llevaron a cabo en tres condiciones: la condición de control, la condición de instrucción basada en analogía y la condición de instrucción con características explícitas. Durante todo el proceso, se registraron diversos valores, incluyendo la frecuencia cardíaca mediante un pulsómetro, la actividad muscular mediante electromiografía, la producción de fuerza mediante una galga, la percepción subjetiva del esfuerzo mediante la escala de sensación de esfuerzo y la actividad se registró en vídeo.

Con este estudio, estaríamos determinando una postura óptima para realizar levantamiento de cargas, utilizando un análisis electromiográfico exhaustivo para evaluar cómo se ve afectada la actividad muscular durante dicha actividad. Mediante este análisis, se busca corregir la postura de los individuos y proporcionarles retroalimentación que les permita reducir la carga ejercida sobre los músculos involucrados, minimizando así el riesgo de lesiones o dolor muscular. Además, resulta fundamental investigar los efectos de la instrucción y analizar la forma más efectiva de transmitir la información a los participantes, con el propósito de mejorar la ergonomía y funcionalidad en el levantamiento de cargas. Este enfoque brinda una valiosa oportunidad para instruir de manera adecuada a personas sin entrenamiento previo en actividades motoras como el levantamiento de cargas, y puede ser aplicado también a ejercicios de entrenamiento como el peso muerto.

3. Justificación

El levantamiento de cargas es una actividad frecuente en la vida diaria de las personas, ya sea levantando objetos pequeños del suelo, como un bolígrafo, o cargas más pesadas, como una caja llena de libros. Por tanto, adoptar una postura adecuada al realizar esta acción conlleva numerosos beneficios. Por un lado, en términos de aplicación de fuerza, una técnica correcta permite ejercer una mayor fuerza. Por otro lado, en relación con la ergonomía y funcionalidad, una postura correcta puede ayudar a prevenir lesiones y evitar dolores de espalda. Dada la importancia de llevar a cabo esta acción de manera eficiente, surge la necesidad de determinar qué tipo de instrucción y metodología de entrenamiento resulta más adecuada para el levantamiento de cargas.

La instrucción ejerce una influencia directa en el rendimiento motor (cinemática/cinética), el aprendizaje y las respuestas emocionales de las personas durante el entrenamiento. Por lo tanto, en esta intervención, buscaremos investigar esta influencia mediante un ejercicio similar al peso muerto, realizado por personas no entrenadas, y controlaremos variables relacionadas con la frecuencia cardíaca, la aplicación de fuerza, la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y la actividad muscular a través de la electromiografía.

Al utilizar diferentes tipos de instrucción durante esta intervención enfocada en mejorar el aprendizaje y el rendimiento en el peso muerto, podremos determinar qué tipo de retroalimentación produce un mejor rendimiento y ofrece mayores beneficios en la ejecución de la tarea.

Por lo tanto, es importante estudiar los diferentes tipos de instrucción que utilizaremos: la instrucción en la condición de control, donde se proporciona una instrucción neutral después de ver un video; la instrucción por analogía, que debe tener significado y estar relacionada con la experiencia personal, lograda a través de una familiarización previa con el fin de establecer una conexión personal con el concepto enseñado; y la instrucción con características explícitas. Además, es fundamental comprender cómo estos cambios afectan el control motor y, por lo tanto, el rendimiento.

Este trabajo contribuirá a la comunidad científica al brindar una intervención sobre los efectos de la instrucción en tres condiciones diferentes para el aprendizaje del ejercicio de peso muerto,

relacionado con la tarea de levantamiento de cargas, mediante un análisis electromiográfico de la musculatura principal involucrada en dicha acción. Esto ayudará a los profesionales del entrenamiento en la planificación de su entrenamiento y en su forma de instruir o comunicarse con los deportistas, mejorando la eficiencia de su aprendizaje con el objetivo de beneficiar a las personas entrenadas en la ejecución motora de esta acción.

La población objetivo de este estudio se centra principalmente en personas mayores de edad que no hayan participado en un programa de entrenamiento guiado por un profesional durante más de seis meses y que no presenten lesiones ni dolor muscular.

4. Objetivos e hipótesis

4.1 Objetivos

Una vez planteada la problemática, resulta imperativo establecer los objetivos de la investigación, lo cual reviste una importancia trascendental en el proceso investigativo, puesto que de esta manera se lograrán sentar las bases fundamentales del presente estudio.

Se pretende contextualizar y evaluar si la instrucción basada en la analogía mejora el rendimiento (eficiencia y eficacia) y genera una respuesta afectiva mejor hacia este tipo de instrucción comparada con otras estrategias.

En particular se desea:

(1) Suministrar información sobre la actividad muscular en los principales músculos involucrados en el levantamiento de peso muerto y evaluar el efecto directo que la instrucción tiene sobre dicha actividad muscular.

(2) Comparar el efecto que tienen sobre la actividad muscular tres tipos de instrucción como son la condición control, la analogía y la instrucción con características explícitas.

(3) Establecer una relación entre la capacidad de atención y el aprendizaje de las pautas necesarias para llevar a cabo una técnica correcta en el ejercicio de levantamiento de cargas, y su posterior ejecución real.

(4) Analizar el efecto de la actividad muscular en los músculos vasto lateral, erector espinal L1, erector espinal T9 y deltoides posterior (musculatura principal implicada en el ejercicio de peso muerto isométrico) mediante el uso de la electromiografía.

(5) Adquirir conocimiento acerca del funcionamiento y la aplicación de un electromiógrafo, medir la actividad muscular utilizando este dispositivo y ser capaz de interpretar los resultados obtenidos.

4.2 Hipótesis

Tomando como punto de partida el conocimiento actual y tras una exhaustiva revisión de la literatura especializada, se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: La instrucción basada en la focalización interna tiene menor rendimiento (eficacia/eficiencia).

Hipótesis 2: La instrucción basada en la focalización por analogía tiene menor activación muscular en miembros superiores reduciendo discomfort en la espalda.

Hipótesis 3: Las personas con bajo nivel de destreza prefieren la focalización interna por encima de otras estrategias de enseñanza.

Hipótesis 4: Las personas generan una autoinstrucción relacionada con la cinemática y con un aumento de implicación de tronco y miembros superiores.

Hipótesis 5: El análisis de la actividad muscular mediante la electromiografía permite analizar la biomecánica en acciones motoras siendo aplicable a tareas dinámicas relacionadas con acciones cotidianas.

Hipótesis 6: Un entrenamiento funcional que incluya ejercicios como el peso muerto, va a producir mejoras en la funcionalidad del movimiento induciendo mejoras en aquellas personas que padecen dolor lumbar.

5. Fundamentación teórica

5.1 Instrucción

Los profesionales del ámbito deportivo emplean técnicas de instrucción con el fin de dotar a los individuos con los que trabajan de las habilidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo los ejercicios de manera efectiva y adecuada, maximizando así los beneficios en términos de salud y rendimiento. Sin embargo, es crucial tener en cuenta ciertos aspectos al proporcionar retroalimentación.

Es importante considerar que brindar una cantidad reducida de información puede resultar beneficioso para el aprendizaje y la retención de habilidades deportivas, al disminuir la carga de atención y permitir un mejor aprovechamiento de los recursos para ejecutar dichas habilidades (Lazarraga, 2019). En muchas ocasiones, los profesionales tienden a saturar a los deportistas con instrucciones, lo que genera un caos en el proceso de aprendizaje y retención de información. No se debe perder de vista que esto tiene un impacto negativo en los deportistas. En cambio, resulta mucho más efectivo proporcionar una cantidad de información reducida, pero que aborde los aspectos clave necesarios para llevar a cabo la tarea de manera efectiva.

En esta misma línea, es necesario considerar que el tipo de retroalimentación amplificadora y la frecuencia con la que se brinda, así como las condiciones en las que se evalúa el aprendizaje, tienen un impacto conjunto en la adquisición de habilidades y conocimientos (Winstein et al., 1994). Esta teoría se respalda en la hipótesis de la orientación (Schmidt, 1991) la cual predice que las propiedades de orientación de la retroalimentación aumentada, aunque tienen beneficios en el

aprendizaje motor al reducir el error, pueden resultar perjudiciales para el aprendizaje cuando se depende excesivamente de ellas.

Del mismo modo que proporcionar información reducida, pero a la vez precisa llega a ser beneficioso para el aprendizaje y rendimiento motor, la restricción de la información durante las diferentes fases del desarrollo de habilidades puede ser clave para ayudar al individuo a adquirir comportamientos de movimiento funcional (Davids et al., 2012). Concretamente la interacción de los individuos con restricciones ambientales a lo largo del tiempo enfocadas a la consecución de objetivos funcionales específicos hace que el comportamiento en la toma de decisiones mejore a nivel de relación entre sujeto y entorno (Araújo et al., 2006). Ese conjunto de señales y estímulos presentes en el entorno, en el contexto de habilidades motoras y movimiento humano, se conoce como información ecológica y son relevantes para el desempeño y toma de decisiones del individuo. (Araújo & Davids, 2011). Para aclarar este concepto, un estudio llevado a cabo por Murase et al. (2016) investigó los movimientos involucrados en atrapar una pelota de béisbol bajo dos restricciones de tarea y cinco restricciones espaciales. El movimiento se vio afectado por la tarea y las limitaciones espaciales, por lo que los patrones de movimiento difieren en función de la acción que se realice. Además, la acción final de una tarea donde se realizan varios movimientos sucesivamente cambia en función del objetivo de la tarea por lo que es necesario combinar la fase terminal del movimiento actual con fase preparatoria del próximo movimiento para un mejor desarrollo de las habilidades deportivas.

El aprendizaje en el contexto del movimiento constituye el cimiento fundamental para el desarrollo de las habilidades motoras, planteando así un desafío significativo para aquellos profesionales que se dedican a transmitir conocimientos en este ámbito. En el proceso de adquisición de habilidades motoras, se pueden emplear dos enfoques distintos: el aprendizaje explícito y el aprendizaje implícito. Cada uno de ellos posee características particulares que deben ser consideradas cuidadosamente al determinar cuál de ellos generaría mayores beneficios en relación con los objetivos de aprendizaje planteados.

Según Masters (1992), las instrucciones explícitas tienden a fomentar un alto nivel de conciencia del movimiento entre los alumnos durante la práctica, lo cual los hace más susceptibles a factores

como la ansiedad, el procesamiento cognitivo, la fatiga o la emoción, que puede afectar negativamente su desempeño. De hecho, el propio Masters encontró evidencia que apoya la hipótesis de que un grupo con pocos conocimientos explícitos tiene menos probabilidades de fallar bajo presión que un grupo con mayores conocimientos explícitos, en un golpeo de “swing” de golf. Por el contrario, el uso de analogías se presenta como un enfoque alternativo y práctico que promueve el aprendizaje implícito y, por lo tanto, un control menos consciente del movimiento (Masters, 1992, 2000). Al seguir una instrucción analógica, los alumnos tienen la libertad de explorar el espacio de trabajo y utilizar de manera inconsciente las reglas encubiertas necesarias para llevar a cabo la tarea de manera eficiente (Masters, 2000). Por ejemplo, se ha demostrado que el uso de las analogías de movimientos simples, entregadas como instrucciones verbales, reducen positivamente la carga de procesamiento del alumno durante el aprendizaje en el golpeo denominado “topspin” en el tenis de mesa (Liao & Masters, 2001).

El uso de la analogía se corresponde en cierto modo al uso de un foco de atención interno donde se dirige la atención a la forma del movimiento, en lugar de un enfoque externo que se centraría más al resultado del movimiento en sí (Peh et al., 2011). Considerables investigaciones han revelado que un enfoque atencional externo en las instrucciones ayuda a alcanzar un mayor rendimiento. Este ejemplo se ve reflejado en el estudio de Wulf et al. (1999) el cual afirmaba que centrarse en el movimiento del palo en un swing de golf era más beneficioso que centrarse en el movimiento de balanceo de los brazos. Relacionando esto con la mecánica del movimiento, el uso de una analogía menos prescriptiva tal vez provoque beneficios potenciales para la adquisición de habilidades. Usar la analogía junto con un énfasis en la coordinación puede proporcionar una aproximación de las formas de movimiento biomecánicamente deseables que reducirán las búsquedas innecesarias y menos significativas en el contexto de aprendizaje (Komar et al., 2014).

5.2 Actividad muscular y electromiografía

La electromiografía (EMG) es una técnica utilizada para medir y registrar la actividad eléctrica generada por los músculos en tiempo real, siendo la electromiografía de superficie (EMGS) aquella que permite estudiar la actividad muscular en acciones dinámicas, pudiéndose aplicar al análisis biomecánico de un gesto, en estudios de fatiga muscular y de rendimiento deportivo y en áreas

como la medicina o la ergonomía (Massó et al., 2010). Esta herramienta puede ser de gran ayuda para comprender la función neuromuscular y la biomecánica humana en acciones que se llevan a cabo en la vida cotidiana como una tarea motora relacionada con el levantamiento de cargas.

Conocemos dos técnicas que permiten registrar la actividad eléctrica del músculo, por un lado, la electromiografía invasiva que implica la inserción de agujas o electrodos intramusculares, y como alternativa a esta encontramos la electromiografía de superficie que utiliza electrodos colocados en la piel y en la cual nos centraremos principalmente. Las señales de electromiografía de superficie (EMGS) constituyen un medio útil para estimar la velocidad de conducción de las fibras musculares lo cual va a servirnos como un indicativo de la fatiga muscular (Farina & Merletti, 2003). Estos investigadores afirman que los cambios de actividad muscular producidos con la fatiga nos van a ayudar a comprender los mecanismos subyacentes a la disminución del rendimiento en tareas dinámicas.

La EMGS se limita a aquellas acciones que implican un movimiento dinámico, no obstante, también es aplicable al estudio de acciones estáticas que requieren un esfuerzo muscular de tipo postural (Massó et al., 2010). Con relación a ello, Dideriksen et al. (2011) reflejan en su estudio cómo durante una contracción submáxima isométrica la amplitud de EMG de superficie no alcanza el nivel deseado en parte debido a ajustes neurales y musculares durante las contracciones fatigantes. Aquí se refleja la importancia de EMG para detectar una disminución del rendimiento en base a la aparición de fatiga.

La electromiografía es una herramienta ampliamente utilizada en diversos campos, como la medicina, la rehabilitación, la fisiología del ejercicio y la investigación en biomecánica, por lo que en relación a esto son numerosos los estudios que han incluido esta técnica para analizar la actividad muscular. Un estudio clínico llevado a cabo por Steele et al. (2018) afirmaba que los datos de EMG pueden proporcionar información sobre el movimiento deteriorado en niños con parálisis cerebral a los que se evalúa la alteración del movimiento en la marcha. Además, si lo relacionamos con el análisis de la biomecánica en acciones motoras, los datos de EMG pueden determinar las contribuciones de cada músculo en una acción determinada, como refleja el estudio llevado a cabo por Martín-San Agustín et al. (2022) donde se lleva a cabo un registro de la actividad

electromiográfica de los músculos glúteo mayor y gracilis para identificar la cantidad de actividad adicional asociada con la actividad de los músculos isquiotibiales. Estos casos demuestran la importancia que puede tener un control sobre la actividad muscular en tareas dinámicas relacionadas con tareas cotidianas como andar o levantar un objeto del suelo.

5.3 Ejercicio

Debido a la variabilidad en la percepción de la salud y la capacidad funcional basada en el desempeño, la capacidad de un adulto para realizar actividades cotidianas es un indicador más confiable en la funcionalidad diaria (McDougall et al., 2010). La mayoría de los pacientes que sufren alguna enfermedad la cual deteriora la funcionalidad del movimiento, ven afectada su calidad de vida en base a la restricción de actividades en su vida diaria. Algunos estudios han demostrado que llevar a cabo un entrenamiento orientado a tareas puede ayudar a mejorar el movimiento funcional de los pacientes, resolviendo dificultades a través de movimientos que ayuden a mejorar los sistemas musculoesquelético y neuromuscular (Yoo & Park, 2015). La falta de actividad física contribuye a la disminución del rendimiento de las actividades de la vida diaria (Bouchard et al., 1994) por lo que una forma de mejorar la condición física es hacer ejercicio.

Un programa de entrenamiento eficaz podría ser beneficioso para aumentar la condición física, mejorar el rendimiento en actividades cotidianas, mejorar el rendimiento funcional y la calidad de vida (Weening-Dijksterhuis et al., 2011). Según estos mismos autores, el entrenamiento físico, incluido el entrenamiento funcional, el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento del equilibrio tienen efectos positivos significativos en los resultados de aptitud física. Para la calidad de vida, el estudio de Chin A Paw et al. (2004) muestra efectos positivos para la depresión, la vitalidad y la salud percibida combinando el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento funcional dos veces por semana con una duración total de 6 meses. Para el rendimiento funcional se debe utilizar un entrenamiento progresivo relacionado con caminar, dar pasos, ejercicios deportivos o similares a juegos donde el volumen e intensidad de estos progresen con el tiempo en función de las necesidades y habilidades individuales (Weening-Dijksterhuis et al., 2011).

Una vez verificado que el entrenamiento funcional efectivamente conlleva mejoras significativas en términos de calidad de vida, resulta imperativo analizar qué tipos de ejercicios proporcionarán un mayor rendimiento en las actividades cotidianas y, por ende, deben incluirse en nuestros programas de entrenamiento. El ejercicio de peso muerto se caracteriza por generar una mayor activación de la musculatura paraespinal, y múltiples estudios lo incorporan en sus programas de entrenamiento como una herramienta de rehabilitación para el dolor lumbar (Fischer et al., 2021). Los programas que incluyen el peso muerto pueden inducir mejoras tanto en el dolor como en la funcionalidad para aquellos que padecen de dolor lumbar, siendo especialmente recomendado para pacientes con niveles de dolor más bajos y una mayor fuerza de extensión lumbar (Fischer et al., 2021).

6. Metodología

6.1 Cronograma

Este proyecto se llevará a cabo en un total de 4 meses, abarcando los meses de marzo de 2023 a junio de 2023. La fase de intervención de cada sujeto estará prevista de la manera expresada en el siguiente cronograma:

Tabla 6.1.1. *Cronograma de la intervención por días.*

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Información sobre el estudio y firma del consentimiento informado.	Mismo protocolo del día 1 sin realizar	Calentamiento y colocación de	Calentamiento y colocación de
Evaluación antropométrica y cuestionario Edinburgh Handedness.	FC reposo y evaluación	electrodos. Se realiza la	electrodos. El sujeto elige la
FC en reposo y calentamiento	antropométrica.	condición que no	condición que le
Familiarización con RPE – task y vídeo.	Ejecución de la	se haya realizado	haya resultado
Medición y colocación de electrodos.	condición explícita	en el día 2.	más fácil de y la
Máxima contracción voluntaria (MVC).	o analógica.		ejecuta.
Condición control en ejercicio dinámico e isométrico y conocimiento declarado.			

Fuente: Elaboración propia

El proyecto en su totalidad seguirá el siguiente cronograma:

Tabla 6.1.2. *Cronograma de la intervención dividido por meses.*

Periodo	Tareas por completar
Marzo 2023	Fase experimental. Ejecución del estudio por parte de los alumnos que van a realizarlo para familiarizarse con el mismo. Recogida de datos. Empezar a redactar el artículo.
Abril 2023 – mayo 2023	Captación de sujetos para el estudio e inicio de las pruebas.
Junio 2023	Finalización de las pruebas con los sujetos, diseminación y análisis de los resultados. Finalización de la redacción del artículo y entrega final del mismo.

Fuente: Elaboración propia

6.2 Descripción de la revisión bibliográfica

Para llevar a cabo una revisión bibliográfica, se realiza una exhaustiva búsqueda de fuentes de información relevantes, como artículos científicos, libros, tesis y documentos académicos. Estas fuentes son seleccionadas cuidadosamente, teniendo en cuenta su calidad, relevancia y actualidad. Además, se utilizan bases de datos especializadas y técnicas de búsqueda específicas para asegurar la exhaustividad de la revisión.

Después de realizar la búsqueda y realizar una síntesis minuciosa de la información obtenida, representada visualmente en la Figura 1 (diagrama PRISMA), se lograron identificar y seleccionar un total de 389 artículos. De este conjunto, se han utilizado 21 artículos que resultan pertinentes para abordar nuestro objeto de estudio de manera efectiva. En virtud de un análisis cuidadoso, hemos organizado y resumido esta información, destacando las relaciones existentes entre los distintos artículos y estableciendo conexiones significativas entre ellos.

6.2.1 Procedimiento de búsqueda

En primer lugar, se ha adoptado el enfoque de la estructura "PICO" como base para llevar a cabo el proceso de búsqueda de manera más precisa. Las preguntas planteadas están estrechamente relacionadas con nuestro objeto de estudio y nos han guiado hacia una ruta de investigación más enfocada en la información clave de nuestro caso de estudio.

Las preguntas abordadas son las siguientes:

P (paciente): sujetos jóvenes no entrenados y sin experiencia previa en ejercicios de peso muerto.

I (intervención): Primero, los sujetos realizan el ejercicio de manera libre sin instrucciones previas. Luego, se emplea un enfoque de instrucción directa en el que se proporcionan indicaciones detalladas y bien explicadas al sujeto, quien las ejecuta.

C (comparación): comparación del efecto de la actividad muscular en el levantamiento de un objeto (peso muerto isométrico) entre un sujeto que realiza el levantamiento sin instrucción previa y el mismo sujeto recibiendo instrucción previa.

O (resultados): efectos en la actividad muscular en sujetos no entrenados durante el ejercicio de peso muerto.

Tras este análisis de la estructura PICO, se llevaron a cabo búsquedas de estudios de impacto en la literatura científica durante los meses de marzo, abril y mayo de 2023, en las principales bases de datos y fuentes científicas, como Pubmed, SPORTDiscus y Scopus. No se impuso ninguna restricción de idioma con el fin de obtener el mayor número posible de artículos. La búsqueda se limitó a los años 2010-2023 debido a que una búsqueda más actualizada arrojaba una cantidad insuficiente de literatura.

Los artículos seleccionados son aquellos que se centran en el aprendizaje y/o el efecto de la actividad muscular durante el levantamiento de peso muerto, así como aquellos que abordan la instrucción y la retroalimentación para las personas que realizan este ejercicio.

Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: attentional bias, analogy, explicit learning, learning, internal focus, cues, knowledge of results, deadlift, electromyography.

Se emplearon los operadores booleanos "AND" y "OR" para combinar estas palabras clave y realizar una búsqueda precisa. La frase de búsqueda resultante fue la siguiente: ("attentional bias" OR "analogy" OR "explicit learning" AND "learning" AND "internal focus" OR "cues" OR "knowledge of results" OR "deadlift" AND "electromyography").

Además, se realizaron búsquedas adicionales mediante un enfoque ascendente con el objetivo de comprender mejor el fenómeno de estudio y mejorar la calidad de este trabajo. Asimismo, se seleccionaron artículos que contribuyeron a la comprensión, aunque no estuvieran directamente relacionados con el objetivo de la propuesta.

6.2.2 Criterios de inclusión-exclusión

Con el fin de garantizar la validez de los resultados y las conclusiones de la propuesta de algoritmo, es necesario establecer criterios de selección que permitan identificar los artículos más relevantes e importantes. Por tanto, se han definido criterios de inclusión y exclusión con el objetivo de obtener las máximas garantías de éxito en la búsqueda.

Los criterios de exclusión son los siguientes:

Se excluyeron estudios publicados antes de 2010.

Se descartaron artículos cuyos títulos no contenían términos relacionados con el sesgo de atención, el aprendizaje o el peso muerto.

Se excluyeron artículos que trataban sobre enfermedades o trastornos clínicos.

Se descartaron artículos relacionados con aspectos psicológicos o emocionales.

Se excluyeron aquellos artículos cuyo resumen no mencionaba la analogía, el aprendizaje, el conocimiento de resultados o el peso muerto.

Se descartaron artículos que no hacían referencia a ejecuciones motoras o a la evaluación muscular a través de la electromiografía en su contenido.

Los criterios de inclusión son los siguientes:

Se incluyeron artículos cuyos títulos hacían referencia a términos relacionados con el ejercicio de peso muerto, la electromiografía, la capacidad de aprendizaje, el sesgo atencional o la analogía.

Se incluyeron artículos cuyo resumen mencionaba la relación entre el aprendizaje, la instrucción y el peso muerto.

Se incluyeron artículos relacionados con alguna ejecución motora similar al peso muerto.

Se incluyeron artículos disponibles tanto en español como en inglés.

En el gestor bibliográfico SPORTDiscus, se limitaron las búsquedas a artículos con texto completo y referencias disponibles.

6.3 Descripción del estudio

Se llevará a cabo un estudio para medir la atención durante el ejercicio, por lo tanto, es de suma importancia seguir las instrucciones tal y como se indiquen. El estudio se divide en 4 días a lo largo de dos semanas. Se realizarán tareas dinámicas e isométricas, y se evaluará la fuerza máxima y la actividad muscular. La participación en el estudio permitirá a los participantes mejorar su aprendizaje en el levantamiento de cargas, lo cual podrán aplicar en su vida diaria. Es fundamental que los participantes se comprometan a asistir los 4 días del estudio, ya que se invierte una cantidad económica en cada uno de ellos y el estudio no cuenta con respaldo de ninguna institución.

Todos los participantes, al llegar al laboratorio, fueron informados sobre las características y la relevancia de seguir fielmente las indicaciones a lo largo del estudio, y firmaron un consentimiento informado. Posteriormente, se tomó la frecuencia cardíaca en reposo después de 1 minuto de estar completamente acostados en reposo, se tomaron medidas antropométricas (Falcés et al., 2020) y se familiarizó a los participantes con los instrumentos y tareas. También se les administró el cuestionario Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) para determinar su lado dominante y colocar los electrodos para el análisis electromiográfico. Se llevó a cabo un calentamiento basado en el protocolo de (Lachlan et al., 2015), y se colocaron los electrodos según las recomendaciones (Konrad, 2005; Lee, 2016). A continuación, se registró la máxima contracción voluntaria (MVC) de los músculos vasto lateral del cuádriceps, erector lumbar, erector torácico y deltoides posterior.

Después, todos los participantes realizaron 3 repeticiones de una tarea dinámica de levantar pesos de 5, 15 y 25 kilogramos. Esta tarea se realizó sin recibir ninguna instrucción. Después de descansar 2 minutos, observaron un video de la tarea sin instrucción y luego volvieron a realizar la tarea de levantar los pesos. Se tomaron medidas de frecuencia cardíaca, percepción subjetiva del esfuerzo (Mays, 2010; Foster et al., 2001), actividad muscular y conocimiento declarado (van Abswoude et al., 2019). Luego, después de un descanso de 2 minutos, se inició la tarea de peso muerto isométrico. Los participantes realizaron tres repeticiones máximas de tres segundos de duración (Edington, 2018) bajo la condición de control, en la que se les proporcionó una instrucción neutra, como "intenta levantarte", después de ver un video de la tarea. Se instruyó a los participantes a aplicar una pequeña cantidad de tensión previa y luego hacer la fuerza con la mayor intención (Half et al., 2005). Si el evaluador consideraba que no era el esfuerzo máximo del participante, o si había una diferencia de más de 200 N entre las pruebas, se realizaba un intento adicional (Kraska et al., 2009). Fueron tomadas medidas del conocimiento declarado, la actividad muscular y los newtons de fuerza generados. Todas las repeticiones en ambas tareas fueron grabadas lateralmente a una distancia de 2,5 metros y una altura de 1 metro.

En el segundo día, se repite el mismo protocolo desde el calentamiento (sin medir MVC), sin ninguna instrucción, con el fin de analizar la confiabilidad y reproducibilidad del procedimiento al medir las mismas variables en ambas tareas. Posteriormente, se divide aleatoriamente al total de participantes en dos grupos. El primer grupo realiza la tarea dinámica de levantar pesos siguiendo una instrucción explícita (tabla 6.3.1). Por otro lado, el segundo grupo, después de una familiarización con una instrucción por analogía (Van Duijn et al., 2018) (tabla 6.3.1), realiza la tarea bajo esta condición. Investigaciones anteriores han demostrado que, con el objetivo de aprovechar los beneficios del aprendizaje, las analogías deben tener significado y estar conectadas con la experiencia personal (Gentner; Poolton et al.). Por lo tanto, los participantes del grupo de analogía (AG) completan, antes de recibir la instrucción de analogía, una actividad de familiarización diseñada para brindarles una experiencia personal sobre el concepto enseñado. A los participantes del AG se les coloca en una máquina Smith, se les proporciona una barra que simula el agarre de una barra olímpica y se les indica que intenten ponerse de pie con la mayor fuerza posible. La familiarización, repetida en tres ocasiones, tiene como objetivo familiarizar a los participantes con el concepto representado por la analogía (intentar levantarse aumentando la

acción de las piernas en lugar de tirar con las manos). Al finalizar la tarea, cada grupo realiza la tarea de peso muerto isométrico bajo la misma instrucción utilizada previamente. Se toman las mismas medidas que en la condición de control. Antes de cada repetición isométrica y en los cambios de peso, se instruye a todos los participantes a recordar dónde deben dirigir su atención.

Tabla 6.3.1. Instrucción impartida a cada grupo del estudio.

Grupo	Instrucción
Analogía	Meter en el rack al participante en posición similar al tirón estático agarrando la pica. Se le da únicamente la instrucción de abajo en la condición experimental y hace 3 repeticiones. Al ir a los levantamientos se le dice que trate de atender a lo hecho en el rack. “Agarra fuerte el palo y trata de ponerte de pie empujando contra el suelo” Realiza el levantamiento simulando lo hecho en el rack.
Foco interno	“Los brazos no tiran” “Intenta levantarte empujando desde los talones”
Control	“Intenta levantarte”

Fuente: Elaboración propia

En el tercer día, se lleva a cabo el mismo procedimiento, contrabalanceando las condiciones experimentales entre los grupos. Se realizan las tareas dinámica y estática bajo la instrucción no empleada en el segundo día, de manera que el grupo que fue instruido con analogía realiza las tareas bajo la instrucción con características explícitas, y viceversa. Se toman las mismas variables. Al finalizar las tareas, todos los participantes completan cuestionarios relacionados con la preferencia en las instrucciones (Romani et al., 2014), la autoeficacia para seguir las instrucciones y la escala de sensación sobre la dificultad de recordar las indicaciones de cada una de las instrucciones (Rose & Parffit, 2008).

En el cuarto día, se invita a los participantes a realizar nuevamente la tarea dinámica y estática bajo la instrucción que ellos hayan adoptado como la mejor para ellos. En este día se recopilan los datos de las mismas variables.

Las sesiones de intervención tuvieron una separación mínima de dos días entre ellas. Durante la intervención, se instruyó a los sujetos a abstenerse de hacer ejercicio y evitar el consumo de cafeína el mismo día de la prueba.

6.4 Instrumentación

Se ha hecho uso a lo largo de la intervención de un pequeño laboratorio con todos los materiales y recursos necesarios para llevar a cabo el estudio de la manera más eficaz posible. La colocación del laboratorio se puede apreciar en la figura 1.

Para el control de las variables de composición corporal (peso, % grasa y masa muscular) se evaluó mediante el método de Bioimpedancia (BIA) con una Tanita® (modelo MC980MA PLUS, Arlington Heights, Illinois). Para el control de la altura se ha utilizado un estadímetro de pared SECA® (modelo 206, Hamburgo, Alemania).

Como dispositivo de medición del rendimiento neuromuscular, utilizaremos una galga dinamométrica (PCEFB-1K S-type load cell, PCE instruments, Germany) anclada a una placa de metal diseñada a medida, de 69x3x44 cm de tamaño, sobre la cual el participante se coloca. La galga de carga tipo S que soporta 3865 N se colocó junto a un anillo que estaba en el centro de la placa. La altura de la galga siempre se dispone a unos 22,5 centímetros del suelo, que es la altura a la que está una barra con discos olímpicos, gracias al uso de dos step de fitness y a los ajustes de la galga. El agarre está rozando la tibia de la persona. Se coloca un mosquetón de seguridad anclado a una barra de fitness para realizar la tarea. La celda de carga permitió el muestreo de datos a 100 Hz en el eje vertical y se calibró con el software nativo MuscleLab (MuscleLab V8.26; Ergotest Technology, Langesund, Noruega). El dispositivo de medición será el electromiógrafo de superficie mDurance (mDurance Solutions SL, Granada, Spain).

Para llevar a cabo la medición de la tarea dinámica, utilizaremos tres pesos distintos: un disco de 5 kg, otro de 15 kg y una mancuerna de 25 kg. Con el fin de nivelar las alturas, los discos se apoyarán sobre unas mancuernas de 2 kg.

Ambas tareas serán registradas lateralmente mediante un dispositivo móvil situado a una distancia de 2,5 metros y a una altura de 1 metro. El dispositivo estará fijado en un trípode y colocado sobre una mesa auxiliar.

Para obtener los valores de frecuencia cardiaca, emplearemos un dispositivo de muñeca junto con la banda de pulsómetro Garmin. Además, utilizaremos varios materiales auxiliares para tomar mediciones y colocar los electrodos en los participantes. Estos incluyen cuchillas para rasurar las áreas con vello abundante donde se colocarán los electrodos, alcohol para limpiar dichas áreas, así como rotulador y metro para marcar el punto exacto de colocación de los electrodos. Asimismo, para el calentamiento, dispondremos de una esterilla y una pica.

Figura 6.4.1. *Diseño colocación del laboratorio para el estudio.*



Fuente: Elaboración propia

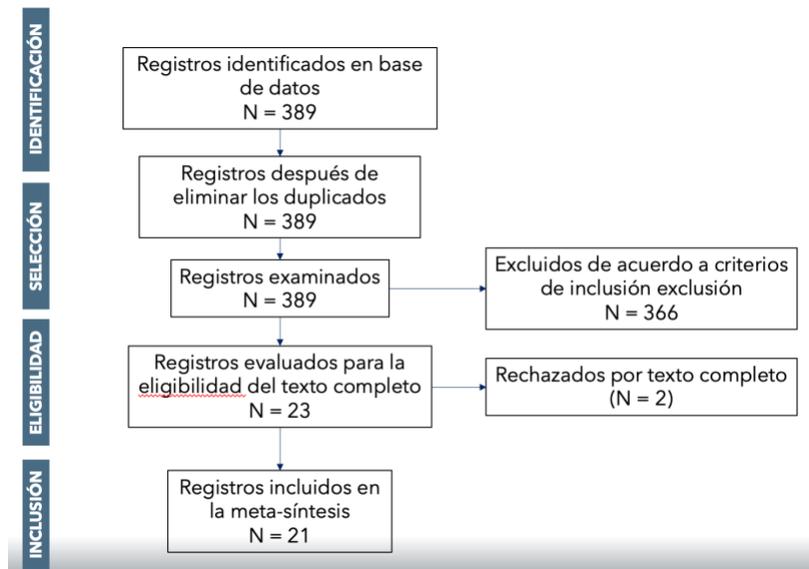
6.5 Análisis estadístico

Todos los datos fueron introducidos en una base de datos usando excel y el análisis de datos fue llevado a cabo a través del programa Jamovi. Los datos son representados como datos medios \pm desviación estándar. Se realizó una ANOVA de un factor para comparar las medias entre variables. Para comprobar la homogeneidad de los datos se usó la prueba de Levene para asumir la igualdad o no de las varianzas. Se realizó una prueba post-hoc para corroborar si existían diferencias significativas entre los grupos. Para todos los test, el p valor fue considerado estadísticamente significativo en $< 0,05$.

7. Resultados

Los resultados de la búsqueda bibliográfica se presentan en dos partes. La primera se basa en los resultados obtenidos mediante la estrategia de búsqueda, mientras que la segunda proporciona una descripción concisa de los estudios seleccionados. La figura 7.1 muestra el diagrama PRISMA de la búsqueda bibliográfica.

Figura 7.2. Diagrama prisma de la búsqueda bibliográfica



Nota. Esta figura representa el diagrama prima de nuestra búsqueda bibliográfica dónde se recoge toda la información de una manera más esquematizada. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la estrategia de búsqueda en todas las bases de datos consultadas, se obtuvo un total de 389 artículos. En el primer análisis, no se encontraron duplicados entre los resultados obtenidos. Posteriormente, se aplicaron los criterios de inclusión-exclusión y se realizó una evaluación de los resúmenes de los artículos, lo que resultó en la exclusión de 366 artículos que no abordaban el tema específico de este trabajo. Adicionalmente, se eliminaron 2 artículos cuyos resúmenes no se ajustaban a los criterios de búsqueda establecidos. Finalmente, se incluyeron en la revisión sistemática un total de 21 artículos que cumplieran con los criterios de selección y que fueron identificados a través de la búsqueda bibliográfica realizada.

Tabla 7.4 Revisión sistemática encontradas tras la búsqueda.

REFERENCIA	TIPO DE ESTUDIO	MUESTRA (N)	OBJETIVOS	RESULTADOS
(ALBUQUERQUE et al., 2014)	Journal Article	N=20 H=10 M=10 EDAD= 18-35 AÑOS	Investigar los efectos de la frecuencia del conocimiento de los resultados en el tiempo relativo y absoluto. Para ello se utilizó el aprendizaje de un programa motor generalizado y el aprendizaje de parámetros.	Estos resultados sugirieron que la frecuencia relativa reducida de conocimientos de resultados mejora el aprendizaje generalizado del programa motor en condiciones de práctica constante, pero no afecta el aprendizaje de parámetros.
(Sherwood et al., 2020)	Journal Article	-----	Examinar la relación entre la dirección del foco de atención y la demanda de atención combinando tareas auditivas y motoras.	Un foco de atención externo reduce las demandas de atención en relación con un foco de atención interno, aunque los efectos del foco de atención dependen de las demandas de atención

				generales de las tareas involucradas.
		Primer análisis: N=1683		No se puede confirmar el efecto de mejora de un foco atencional externo. Para mejorar el enfoque atencional es necesario tener en cuenta las demandas de la tarea, eventos previos al ejercicio y/o demandas interpersonales.
		H=899		
		M=745	Examinar los efectos inmediatos de un enfoque atencional externo e interno instruido en un grupo experimental y un grupo de control.	
(Nicklas et al., 2022)	Journal Article	Segundo análisis: N=1056		Con respecto a la hipótesis de acción restringida, una instrucción de enfoque atencional externo mejoró el rendimiento inmediato en comparación con una instrucción de enfoque atencional interno.
		H=580		
		M=472		
		Sin género=12		
				Los hallazgos mostraron que un foco de atención interno inducido por analogía podría ser beneficioso para mejorar la calidad de la coordinación de natación entre las extremidades.
		N=12		
		H=7	Examinar los efectos de una analogía con un foco de atención interno en el aprendizaje de la natación.	Un enfoque interno puede ser útil para adquirir coordinación motora, siempre que refleje una variable de movimiento.
(Komar et al., 2014)	Journal Article	M=5		
		EDAD=20-23 AÑOS		

(Edington et al., 2018)	Journal Article	N=10 H=5 M=5 EDAD=32±10	Examinar las diferencias biomecánicas entre el peso muerto isométrico convencional con barra cerrada (CBDL) y con barra lejana (FBDL). Tener en cuenta la actividad de electromiografía (EMG).	El levantamiento de peso muerto con barra cerrada dio lugar a una mayor actividad de electromiografía del bíceps femoral y el erector de la columna superior, pero menos actividad en el vasto lateral. CBDL tuvo mayor amplitud de EMG en isquiotibiales y erectores de columna y FBDL mayor amplitud en cuádriceps.
(Andersen et al., 2021)	Comparative study	N=17 M=15 (2 abandonan)	Comparar la activación neuromuscular en el glúteo mayor, bíceps femoral y erector de la columna en 3 ejercicios de extensión de caderas entre ellos el peso muerto rumano.	El peso muerto rumano en un buen ejercicio mono articular para trabajar los extensores de la cadera y de la espalda. Este ejercicio activa el glúteo mayor, el bíceps femoral y el erector de la columna lumbar.
(Coratella et al., 2022)	Journal Article	N=10 H=10 EDAD= 29,8 ± 3 años	Investigar la excitación muscular de la cadena posterior en culturistas que realizan peso muerto rumano (RD), Step-RD y peso muerto normal (SD) durante las fases ascendente y descendente.	Realizar el step-RD aumenta la excitación de los músculos de la cadena posterior en comparación con el RD y SD. RD pareció aumentar el papel del semitendinoso y SD el glúteo mayor.

				Se puede elegir qué variación del peso muerto entrenar en función del objetivo de la sesión.
(Guruhan et al., 2021)	Journal Article	N=31 H=18 M=13 EDAD MEDIA=22 años	Evaluar y comparar la activación muscular de los músculos bíceps femoral (BF), semitendinoso (ST) y semimembranoso (SM) durante diferentes ejercicios excéntricos de isquiotibiales en individuos sanos.	El “nordic hamstring” (NH) puede considerarse como un ejercicio preventivo eficaz para activar los isquiotibiales. Los niveles de activación durante el NH fueron más altos en el BF y ST en comparación con el SM. Debe conseguirse un equilibrio entre estos tres músculos para que su activación sea más efectiva.
(Pratt et al., 2020)	Journal Article	N=29 H=15 M=14 EDAD=20-30 años.	Examinar la activación muscular del braquial (BS), braquiorradial (BR) y flexor carpi ulnaris (FCU) en el ejercicio de peso muerto con 3 agarres distintos (agarre de gancho (HG), agarre mixto (MG) y agarre doble (DOH)).	MG provocó menor activación de BR y FCU, siendo el agarre más fácil para cualquier carga. Un agarre mixto puede ser beneficioso para reducir la dificultad técnica. Para maximizar el grado de activación muscular y potenciar el desarrollo de la fuerza se recomienda el agarre de gancho o el agarre doble.
(Martín-Fuentes et al., 2020)	Journal Article	N= 8-34	Realizar una revisión exhaustiva de la literatura que evalúe la activación	El bíceps femoral es el músculo más evaluado en este tipo de ejercicios

		EDAD= 18-34 AÑOS	muscular medida con sEMG al realizar el ejercicio de peso muerto y todas sus variantes.	seguido del glúteo mayor. El erector de la columna y el cuádriceps presentan una mayor activación que el glúteo mayor y el bíceps femoral en los ejercicios de peso muerto. El semitendinoso provoca una activación muscular ligeramente mayor que el bíceps femoral en los ejercicios de peso muerto.
(Andersen et al., 2019)	Comparative study	N=15 H= M= EDAD=	Comparar la actividad electromiográfica del glúteo mayor, bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral y erector de la columna durante el peso muerto usando pesos libres, dos bandas elásticas y cuatro bandas elásticas.	El peso muerto con barra con pesos libres y 4 bandas produjo una mayor activación del erector de la columna. Para enfatizar la activación de la parte lumbar de la espalda, se recomienda una contribución alta a la descarga de las bandas elásticas.
(Jo et al., 2022)	Journal Article	N=20 H=10 M=10 EDAD=20-24 años.	Examinar los patrones de activación muscular del bíceps femoral, recto femoral y erector de la columna durante tres variaciones de peso muerto usando la barra hexagonal.	A medida que aumenta la flexión de rodilla aumenta la activación media del recto femoral, mientras que el bíceps femoral y el erector de columna disminuye su activación. Se debe considerar los objetivos musculares al ajustar la posición inicial del sujeto en peso muerto ya que el reclutamiento de

(Stock & Thompson, 2014)	Comparative study	<p>N=54</p> <p>H=26</p> <p>M=28</p> <p>EDAD MEDIA=23</p>	<p>Examinar el efecto del entrenamiento de peso muerto sobre la fuerza de flexión y extensión de la pierna y examinar los cambios en la amplitud EMG (coactivación agonista-antagonista).</p>	<p>la cadena posterior disminuye y la activación del cuádriceps aumenta a medida que aumenta la flexión de la rodilla.</p> <p>El entrenamiento de peso muerto aumentó el torque máximo de extensión de la pierna.</p> <p>Se demostró un aumento de la amplitud de EMG para cuádriceps acompañado de una disminución de la coactivación del bíceps femoral.</p> <p>En general el entrenamiento de peso muerto provocó mejoras en la fuerza isométrica unilateral y la coactivación agonista-antagonista en sujetos desentrenados.</p>
(Lazarraga, 2019)	Journal Article	<p>N= 1193</p> <p>EDAD MEDIA= 21</p>	<p>Revisar la literatura relacionada con la estrategia de focalización interna y externa para el aprendizaje de una habilidad deportiva individual analizando si benefician o perjudican el aprendizaje o el rendimiento.</p>	<p>Reducir la cantidad de información beneficia el aprendizaje y la retención de una habilidad deportiva, ya que la carga atencional disminuye, disponiendo con ello de mayores recursos para la ejecución de la habilidad. Por ello un gran número de instrucciones no será necesario para la</p>

(Gose & Abraham, 2021)	Journal Article	-----	<p>Revisar los efectos comparativos de foco de atención interno (IFOA) y externo (EFOA) en el desempeño motor humano. Se propone una categoría de FOA adicional basada en las interacciones dinámicas (DIFOA).</p>	<p>adquisición de alguna habilidad motriz.</p> <p>El foco de atención afecta al rendimiento motor humano.</p> <p>EFOA acelera los procesos de aprendizaje motor y reduce las demandas de atención.</p> <p>IFOA ayuda a un rendimiento motor óptimo.</p> <p>Irrumpe los componentes de organización del sistema motor lo que puede conducir a un deterioro del desempeño.</p>
(Lohse & Ketels, 2012)	Book section	-----	<p>Revisar el papel de la atención en el desempeño de habilidades atléticas, los mecanismos neurológicos que podrían subyacer a los efectos de la atención y su relación con las teorías del proceso dual.</p>	<p>Dirigir la atención a los efectos del movimiento mejora el rendimiento en relación con centrarse explícitamente en el movimiento en sí.</p> <p>Dirigir la atención a controlar explícitamente el movimiento dificulta el aprendizaje y la ejecución de habilidades motoras.</p> <p>Prestar atención explícita a la mecánica corporal de uno conduce a resultados de movimiento menos efectivos, patrones de movimiento menos eficientes y, a menudo,</p>

				<p>resulta de una mayor presión para realizar.</p>
<p>(Lee et al., 2018)</p>	<p>Journal Article</p>	<p>N=21 H=21 EDAD MEDIA=22</p>	<p>Determinar qué técnica de peso muerto es un mejor protocolo de entrenamiento entre el peso muerto convencional y el rumano según lo indicado por la mayor demanda en actividades musculares y cinética articular.</p>	<p>Las actividades del recto femoral y glúteo mayor del, pero muerto convencional fueron mayores que las del peso muerto rumano. El peso muerto convencional indicó un torque articular de rodilla y tobillo significativamente mayores que el peso muerto rumano. En la práctica, el peso muerto convencional sería una mejor técnica para entrenar los músculos de las extremidades inferiores.</p>
<p>(Martín-San Agustín et al., 2022)</p>	<p>Journal Article</p>	<p>N=15 H=15 EDAD=20-25 años</p>	<p>Analizar la activación muscular del bíceps femoral (BF), semitendinoso (ST), glúteo mayor (GM) y gracilis (GC) durante ejercicios de extensión de cadera con carga inercial y gravitacional.</p>	<p>En la fase concéntrica la carga inercial mostró un EMG más alto que la carga gravitatoria para BF, ST Y GM. En la fase excéntrica la carga inercial logró mayor activación del GM que la carga gravitacional. El entrenamiento inercial es más efectivo que el gravitacional para la activación concéntrica de los músculos isquiotibiales y la activación del GM en</p>

(Stock & Thompson, 2014)	Comparative study	N=24 H=24 EDAD MEDIA=24 años.	Examinar el efecto del entrenamiento de peso muerto en las tasas de activación de unidades motoras para el vasto lateral y el recto femoral durante una contracción voluntaria máxima.	las fases concéntrica/excéntrica. El entrenamiento de peso muerto mejoró la fuerza MVC del extensor de rodilla. Este entrenamiento no afectó las tasas de activación y reclutamiento de unidades motoras para vasto lateral y recto femoral.
(Yamada & Raisbeck, 2021)	Journal Article	N=40 H=20 M=20 EDAD MEDIA=22 años	Comparar los efectos de las instrucciones de enfoque interno y externo específicas para la calidad de los movimientos corporales.	Las instrucciones externas orientadas al movimiento corporal se pueden realizar agregando señales externas artificiales. Para tener una mejora del desempeño y calidad en el movimiento se recomiendan adoptar señales de enfoque externo.
(Boyer et al., 2021)	Journal Article	N=20 EDAD=19-23 años.	Comparar la distribución de la activación entre las tres cabezas de los isquiotibiales entre un ejercicio orientado a la flexión de rodilla y un ejercicio orientado a la extensión de cadera.	El deadlift con piernas rígidas favoreció la contribución del semimembranoso en comparación con el semitendinoso.

Nota. N=tamaño de la muestra para realizar el estudio; H=Hombre; M=Mujer. Fuente: Elaboración propia

Tras llevar a cabo la búsqueda y el análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, podemos llegar a la conclusión de que, de los 21 artículos seleccionados, uno de ellos aborda el conocimiento de los resultados. En cuanto a siete de estos artículos, se centran en la relación existente entre el enfoque atencional externo e interno en actividades motoras. Por otro lado, trece de los artículos realizan una comparación de las diferencias biomecánicas y de activación muscular entre el ejercicio de peso muerto y sus variantes, empleando la electromiografía como herramienta para analizar la actividad de los principales músculos y cómo se ven afectados según la técnica empleada para llevar a cabo dicho ejercicio. Estos resultados nos van a aportar conclusiones para abordar el estudio y ejecutar las tareas en base a la información recopilada.

7.1 Análisis de los resultados

En el marco de un estudio comparativo sobre el efecto de la instrucción en la actividad muscular durante tareas isométricas, se llevó a cabo un análisis que evaluó el impacto de tres condiciones experimentales: control (CNT), analogía (ANA) y explícita (EXP). Los resultados se presentaron en forma de valores pico, expresados como porcentaje de la máxima contracción voluntaria (MVC) que representa cada una de las condiciones.

En el caso del músculo vasto lateral, los resultados indicaron un marcado favoritismo hacia el grupo analogía, con un porcentaje de activación del 98,8%, en comparación con el 91,8% y el 84,4% de los grupos control y explícito respectivamente (ver Tabla 7.2).

Tabla 7.1.5. Comparación ISO VL en % de la MVC (CNT vs ANA vs EXP).

Descriptivas de Grupo					
	B	N	Media	DE	EE
ISO_VL	CNT	15	91.8	41.9	10.83
	ANA	15	98.8	58.4	15.07
	EXP	15	84.8	39.8	9.38

Fuente: Elaboración propia

Al examinar los músculos erector espinal (L1) y erector espinal (T9), se pudo observar que siguen un patrón similar al del vasto lateral. Conforme se detalla en la Tabla 7.3, el grupo analogía mostró una mayor activación (104,5%) en comparación con los grupos control y explícito, que alcanzaron un 94,0% y un 94,1% respectivamente. Esto se aprecia también en el caso de T9, donde el grupo analogía exhibió una activación más elevada (105,3%), aunque en este caso los valores del grupo control se aproximaron más a los del grupo analogía, registrando una media de 104,8%. En contraste, el grupo explícito presentó valores notablemente más bajos, llegando a un 88,7% (ver Tabla 7.4).

Tabla 7.1.6. Comparación ISO L1 en % de la MVC (CNT vs ANA vs EXP)

Descriptivas de Grupo					
	B	N	Media	DE	EE
A	CNT	15	94.0	34.4	8.88
	ANA	15	104.5	61.2	15.80
	EXP	15	94.1	40.3	10.41

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.1.7. Comparación ISO T9 en % de la MVC (CNT vs ANA vs EXP)

Descriptivas de Grupo					
	B	N	Media	DE	EE
A	CNT	15	104.8	46.6	13.4
	ANA	15	105.3	42.8	12.3
	EXP	15	88.7	43.7	12.6

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7.5 muestra la comparación de la activación del deltoides posterior en los diferentes grupos experimentales. A diferencia de los otros músculos, se observa que el grupo control registra

una mayor activación (51,7%), en comparación con el grupo analogía (49,3%) y el grupo explícito (45,8%).

Tabla 7.1.8. Comparación ISO DP en % de la MVC (CNT vs ANA vs EXP)

Descriptivas de Grupo					
	B	N	Media	DE	EE
A	CNT	15	51.7	26.7	6.69
	ANA	15	49.3	37.5	9.37
	EXP	15	45.8	33.7	8.41

Fuente: Elaboración propia

8. Discusión

El objetivo de esta intervención consistió en comparar el efecto de la instrucción en la actividad muscular bajo tres condiciones experimentales: control (CNT), analogía (ANA) y explícita (EXP). Para ello, se llevó a cabo un análisis electromiográfico de los principales músculos involucrados en el ejercicio de peso muerto o levantamiento de cargas, como el vasto lateral, el erector espinal L1, el erector espinal T9 y el deltoides posterior.

Las hipótesis planteadas en este estudio abordaban los siguientes aspectos:

- El enfoque atencional interno presenta un rendimiento inferior.
- La focalización mediante analogía resulta en una menor activación muscular en los miembros superiores.
- Las personas con un nivel de destreza bajo prefieren el enfoque interno.
- Las personas generan autoinstrucciones que implican una mayor activación del tronco y los miembros superiores.
- La actividad muscular es útil para el análisis biomecánico de tareas dinámicas cotidianas.
- El ejercicio de peso muerto conlleva mejoras en la funcionalidad del movimiento.

Tras una intervención de 7 semanas y una muestra de 15 sujetos, los resultados presentados en forma de valores pico y expresados en porcentajes de la máxima contracción voluntaria (MVC) indicaron que el vasto lateral, el L1 y el T9 mostraron una mayor activación bajo la condición de analogía en comparación con los grupos control y explícito. Por otro lado, el deltoides posterior presentó una mayor activación bajo la condición de control, posiblemente debido a que los sujetos, al carecer de instrucciones específicas en esta condición, establecieron sus propias estrategias, poniendo un mayor enfoque en el uso de los brazos para levantar la carga en lugar de empujar desde los talones. En base a esto, se corroboraron varias de las hipótesis planteadas.

En el caso del grupo control, compuesto por personas sin conocimientos previos sobre el levantamiento de cargas, se observó que generaron autoinstrucciones que implicaban una mayor activación de los miembros superiores, como se evidencia en los valores pico del deltoides posterior. Esto puede deberse a que, al no estar familiarizados con este tipo de tareas, los sujetos centraron su atención en utilizar los brazos para levantar la carga en lugar de enfocarse en empujar desde los talones. Esta última sería la forma correcta de realizar la acción, ejerciendo fuerza principalmente en la musculatura del tren inferior y no desde los brazos ya que los músculos de las extremidades inferiores son los que tienen una mayor implicación en el movimiento y de hecho el peso muerto se considera una técnica adecuada para entrenar estos músculos inferiores dado su alta implicación (Lee et al., 2018).

En cuanto al grupo analogía, se confirmó la hipótesis de una menor activación muscular en los miembros superiores, siendo más destacada la actividad de los músculos de los miembros inferiores. Esta condición produjo cambios electromiográficos al aprender a empujar con las piernas imitando el movimiento en un rack. El uso de analogía dirige la atención a la forma del movimiento, el lugar de centrarse en el resultado del movimiento en sí, como ocurre cuando utilizamos un enfoque externo (Peh et al., 2011). Es por esto que las personas con un nivel de destreza bajo prefirieron un enfoque interno, ya que lo percibieron como más intuitivo. Esto puede deberse a que la instrucción analógica otorga a los alumnos una mayor libertad para explorar el espacio y realizar la tarea de manera más eficiente (Masters, 2000). Además, al tratarse de un movimiento sencillo, una instrucción verbal reduce positivamente la carga de procesamiento durante el aprendizaje.

En relación con el grupo explícito, se registraron los valores más bajos de activación en todos los músculos implicados. Esto puede deberse a que las instrucciones explícitas según Masters (1992), tienden a fomentar un alto nivel de conciencia del movimiento, lo cual hace más susceptible la aparición de factores como la ansiedad, el procesamiento cognitivo, la fatiga o la emoción, que podrían afectar de una manera negativa en el rendimiento.

La intervención se ha llevado a cabo principalmente en horario vespertino, aproximadamente entre las 17:00 y las 21:00. Por lo tanto, es fundamental considerar aspectos externos que podrían influir en la participación de los sujetos durante la ejecución. Durante este período, se han realizado actividades paralelas en un gimnasio cercano a la sala de estudio, las cuales incluían música dirigida. Este factor pudo haber condicionado a los sujetos en la realización de las tareas, ya que podrían haber desviado su atención hacia factores externos a la sala, lo cual podría haber afectado su rendimiento motor. Asimismo, en varias ocasiones, se ha producido una acumulación de personas en la sala, donde se han entablado diferentes conversaciones, lo cual podría haber sido un factor que afectara la concentración de los sujetos durante la ejecución de las tareas y desviara su atención.

Es importante mencionar que el inicio tardío de la intervención y, por consiguiente, la reducción en el tamaño de la muestra seleccionada son factores que deben tenerse en cuenta, ya que es posible que con un número mayor de participantes se hubieran obtenido resultados diferentes a los recopilados.

Gracias a este estudio podríamos establecer una comparación entre los distintos focos de atención en la realización de tareas motoras. Por un lado, el enfoque interno inducido por analogía puede tener un efecto positivo en el rendimiento tal y como muestra Komar et al. (2014) en su estudio y que además se corrobora en el presente estudio. Por otro lado, el enfoque externo reduce las demandas de atención en comparación con el enfoque interno tal y como señala Sherwood et al. (2020), considerando que el enfoque de atención depende de las propias demandas de atención requeridas en las tareas.

9. Conclusiones

Esta intervención recoge el efecto que tiene la instrucción en el rendimiento y el aprendizaje de una acción de levantamiento de cargas, analizando la actividad electromiográfica de los principales músculos implicados.

En relación con los objetivos planteados se dictan las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, la instrucción bajo según qué tipo de condición se aplique tienes unos efectos distintos en la actividad muscular en un ejercicio de levantamiento de cargas similar a lo que sería el peso muerto en el contexto de entrenamiento. En general los cambios musculares que se perciben son los siguientes: el músculo vasto lateral presenta una mayor activación bajo la condición analógica en comparación con la condición control y explícita. Tanto el erector espinal L1 como el erector espinal T9 siguen el mismo patrón de activación muscular que el vasto lateral. El deltoides posterior a diferencia de los 3 anteriores presenta una mayor activación bajo la condición control.
- En segundo lugar, la focalización por analogía presenta una mayor activación muscular de los miembros inferiores en comparación con los miembros superiores en el ejercicio de levantamiento de cargas, siendo además la condición preferente frente a otras estrategias de enseñanza por parte de los sujetos a la hora de recibir la instrucción acerca de esta tarea motora.
- En tercer lugar, es importante destacar que la electromiografía de superficie constituye una herramienta eficaz para medir la actividad muscular, brindando información valiosa y práctica en lo que respecta a la disminución del rendimiento en tareas motoras asociada a la fatiga muscular, la cual está vinculada a la velocidad de conducción de las fibras musculares.
- En cuarto lugar, el análisis de la biomecánica en acciones motoras a través de la electromiografía puede aplicarse en tareas de entrenamiento con el fin de mejorar la

funcionalidad del movimiento (en nuestro caso aplicable al ejercicio de peso muerto) y así obtener una mejora del rendimiento a la hora de realizar dicho ejercicio.

- En quinto lugar, un programa de entrenamiento eficaz que incluya ejercicios como el peso muerto puede resultar beneficioso en el campo de la rehabilitación, mejorando el rendimiento funcional en tareas dinámicas relacionadas con actividades cotidianas como andar o levantar un objeto del suelo, para personas que han sufrido un deterioro en la funcionalidad de dichas estructuras musculares.

En definitiva, las técnicas de instrucción son útiles y recomendables para enseñar habilidades y conocimientos claves que te permitan llevar a cabo los ejercicios de manera efectiva y adecuada. Las instrucciones explícitas fomentan un alto nivel de conciencia del movimiento durante la práctica, mientras que el uso de analogías promueve el aprendizaje implícito y sirve a los sujetos para llevar a cabo las tareas de manera más eficiente.

La electromiografía puede ser de gran ayuda para comprender la función neuromuscular y la biomecánica humana en acciones que se llevan a cabo en la vida cotidiana como una tarea motora relacionada con el levantamiento de cargas.

La mayoría de las personas que sufren alguna enfermedad la cual deteriora la funcionalidad del movimiento, ven afectada sus actividades cotidianas en su vida diaria. Para ello, el entrenamiento funcional progresivo puede ser una opción bastante beneficiosa para mejorar dicha funcionalidad en términos de calidad de vida.

Para concluir este estudio, los resultados demuestran que, durante un ejercicio de levantamiento de cargas realizado bajo condiciones controladas, donde los sujetos solo visualizan un vídeo sin recibir ninguna otra instrucción, tienden a generar una autoinstrucción que resulta en la aplicación de fuerza desde la musculatura superior, en lugar de hacerlo correctamente desde la musculatura inferior. Además, se observó que la condición análoga se percibe como la más fácil de comprender y ejecutar, ya que ha logrado alcanzar los objetivos de activación muscular planteados. Para obtener toda esta información, se hizo uso imprescindible de la electromiografía, específicamente de la

electromiografía de superficie a través de la herramienta Mdurance, que nos permitió estimar la velocidad de contracción de las fibras musculares y, por lo tanto, conocer el nivel de fatiga inducido en la musculatura involucrada (Farina & Merletti, 2003).

10. Implicaciones y propuestas para posteriores estudios

Este estudio presenta ciertas limitaciones que requieren ser consideradas con atención. En primer lugar, es importante destacar que el inicio de la intervención experimentó un retraso de varias semanas debido a la escasez de participantes y a la dificultad para acceder anticipadamente a todo el material e instrumental necesario. Como resultado de esta situación, la muestra de nuestro estudio es significativamente reducida en comparación con la cifra inicialmente prevista, lo que implica que los resultados obtenidos corresponden a menos de la mitad del número de participantes esperados. Es importante tener en cuenta que, de contar con una muestra más amplia, tal como se había planeado inicialmente, los resultados podrían haber llegado a ser más representativos.

Dado que nuestro estudio es de naturaleza individual, requiere una muestra amplia y abarca varios meses de intervención, es imperativo establecer un plan de acción que permita una mayor eficiencia y ahorro de tiempo. En consecuencia, las primeras semanas se destinaron a familiarizarse con la intervención en sí misma y a determinar la duración estimada para cada día, a fin de establecer una programación semanal que incluyese citas para los participantes en horarios distintos y nos permitiera optimizar el tiempo.

En relación con la tecnología utilizada para el control de la actividad muscular, mDurance es una herramienta manejable y de fácil aplicación, la cual nos ha facilitado en gran medida el proceso de intervención. Gracias a su funcionalidad, hemos logrado controlar variables relacionadas con la fatiga muscular, el nivel de fuerza muscular, la simetría y el ritmo de activación de los músculos durante el movimiento.

Toda esta información puede resultar útil en el contexto de la vida cotidiana, especialmente para pacientes que requieren un seguimiento biomecánico del movimiento. Es especialmente relevante

en el ámbito de la fisioterapia, ya que permite examinar de cerca y diferenciar los mecanismos implicados en el desarrollo de molestias que afectan al movimiento, como el dolor de espalda, así como identificar desequilibrios musculares posteriores a lesiones. Asimismo, presenta diversas aplicaciones en el campo de la medicina del trabajo y la ergonomía. La electromiografía de superficie puede utilizarse para monitorear enfermedades del aparato locomotor y trastornos del movimiento, así como para la evaluación y reeducación post-tratamiento en el ámbito terapéutico. Proporciona datos valiosos cuando el objetivo es mejorar el rendimiento o la eficiencia de un movimiento. En el caso de trastornos de origen neuromuscular, se están realizando avances con el fin de utilizar los registros electromiográficos para obtener información fiable sobre las unidades motoras. Sin embargo, es necesario tener en cuenta las limitaciones metodológicas y/o de interpretación que puedan surgir en cada aplicación de la electromiografía.

Podemos afirmar que la actividad muscular es un medio eficaz para realizar un análisis biomecánico en tareas dinámicas. En nuestro estudio, nos ha permitido obtener una comprensión más precisa de cómo la musculatura del tren superior presenta una mayor activación en comparación con la musculatura del tren inferior, ante la falta de instrucción adecuada para realizar correctamente el ejercicio. Por lo tanto, el control electromiográfico podría resultar extremadamente útil en tareas dinámicas simples que se llevan a cabo en la vida cotidiana, como levantar un objeto del suelo, colocar un objeto en una estantería o simplemente caminar. Un correcto análisis biomecánico en este tipo de tareas podría ser especialmente beneficioso para personas de edad avanzada que experimenten dolores o limitaciones de movimiento debido a lesiones previas. Brindar apoyo a estas personas en la realización adecuada de estas tareas simples podría mejorar significativamente su funcionalidad y facilitarles la vida.

Para llevar a cabo la enseñanza de acciones cotidianas, sería interesante considerar la implementación del entrenamiento funcional en las sesiones. De hecho, se ha comprobado que el ejercicio de peso muerto puede contribuir a mejorar la funcionalidad del movimiento y reducir el dolor lumbar. Sería beneficioso establecer similitudes biomecánicas entre los ejercicios funcionales y las tareas realizadas en la vida cotidiana, con el fin de incluir estos ejercicios en sesiones de rehabilitación. Por ejemplo, una sentadilla presenta cierta similitud con la acción de sentarse y levantarse, por lo que podría tenerse en cuenta para incluirla en el programa de entrenamiento de

una persona con dificultad para sentarse y levantarse de una silla. Actualmente, existen escasos estudios al respecto, por lo que sería recomendable realizar futuras intervenciones similares a la llevada a cabo en este estudio, pero orientadas específicamente a mejorar el rendimiento deportivo en lugar de la funcionalidad del movimiento.

Otro aspecto interesante sería contrastar en futuros estudios si la aplicación de fuerza coincide con la actividad electromiográfica y establecer similitudes o diferencias significativas entre ambas variables.

11. Referencias

- Albuquerque, M. R., Ugrinowitsch, H., Lage, G. M., Corrêa, U. C., & Benda, R. N. (2014). Effects of knowledge of results frequency on the learning of generalized motor programs and parameters under conditions of constant practice. *Perceptual & Motor Skills*, *119*(1), 69–81. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=97677916&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Andersen, V., Fimland, M. S., Mo, D.-A., Iversen, V. M., Larsen, T. M., Solheim, F., & Saeterbakken, A. H. (2019). Electromyographic comparison of the barbell deadlift using constant versus variable resistance in healthy, trained men. *PLoS One*, *14*(1), e0211021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211021>
- Andersen, V., Pedersen, H., Fimland, M. S., Shaw, M., Solstad, T. E. J., Stien, N., Cumming, K. T., & Saeterbakken, A. H. (2021). Comparison of Muscle Activity in Three Single-Joint, Hip Extension Exercises in Resistance-Trained Women. *Journal of Sports Science & Medicine*, *20*(2), 181–187. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.181>
- Araújo, D., & Davids, K. (2011). What exactly is *acquired* during skill acquisition? *Journal of Consciousness Studies*, *18*, 7–23.
- Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, *7*(6), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Bouchard C, Shephard T, Stephens T: Physical Activity, Fitness, and Health: International Proceedings and Consensus Statement. Champaign, IL. Human Kinetics, 1994
- Boyer, A., Hug, F., Avrillon, S., & Lacourpaille, L. (2021). Individual differences in the distribution of activation among the hamstring muscle heads during stiff-leg Deadlift and Nordic hamstring exercises. *Journal of Sports Sciences*, *39*(16), 1830–1837. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=151876795&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Camara, K. D., Coburn, J. W., Dunnick, D. D., Brown, L. E., Galpin, A. J., & Costa, P. B. (2016). An examination of muscle activation and power characteristics while performing the deadlift exercise with straight and hexagonal barbells. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(5), 1183–1188.

- Chin A Paw, M. J., van Poppel, M. N., Twisk, J. W., & van Mechelen, W. (2004). Effects of resistance and all-round, functional training on quality of life, vitality and depression of older adults living in long-term care facilities: a randomized controlled trial [ISRCTN87177281]. *BMC Geriatrics*, 4, 1-9.
- Coratella, G., Tornatore, G., Longo, S., Esposito, F., & Cè, E. (2022). An Electromyographic Analysis of Romanian, Step-Romanian, and Stiff-Leg Deadlift: Implication for Resistance Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031903>
- Davids, K., Araújo, D., Hristovski, R., Passos, P., & Chow, J.Y. (2012). Ecological dynamics and motor learning design in sport.
- Dideriksen, J. L., Enoka, R. M., & Farina, D. (2011). Neuromuscular adjustments that constrain submaximal EMG amplitude at task failure of sustained isometric contractions. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 111(2), 485–494. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00186.2011>
- Edington, C., Greening, C., Kmet, N., Philipenko, N., Purves, L., Stevens, J., Lanovaz, J., & Butcher, S. (2018). The Effect of Set Up Position on EMG Amplitude, Lumbar Spine Kinetics, and Total Force Output During Maximal Isometric Conventional-Stance Deadlifts. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/sports6030090>
- Falces, Moisés & González Fernández, Francisco Tomás & Baena Morales, Salvador & Benítez-Jiménez, Adrián & Barrero, Alberto & Conde, Lamberto & Suárez-Arronez, Luis & Sáez de Villarreal, Eduardo. (2020). Effects of a Strength training program with program with self-loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*. 1.112-125.
- Farina, D., & Merletti, R. (2003). A novel approach for estimating muscle fiber conduction velocity by spatial and temporal filtering of surface EMG signals. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 50(12), 1340–1351. <https://doi.org/10.1109/TBME.2003.819847>
- Fischer, S. C., Calley, D. Q., & Hollman, J. H. (2021). Effect of an Exercise Program That Includes Deadlifts on Low Back Pain. *Journal of sport rehabilitation*, 30(4), 672–675. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0324>
- Gose, R., & Abraham, A. (2021). Looking beyond the binary: an extended paradigm for focus of attention in human motor performance. *Experimental Brain Research*, 239(6), 1687–1699. <https://doi.org/10.1007/s00221-021-06126-4>

- Guruhan, S., Kafa, N., Ecemis, Z. B., & Guzel, N. A. (2021). Muscle Activation Differences During Eccentric Hamstring Exercises. *Sports Health, 13*(2), 181–186. <https://doi.org/10.1177/1941738120938649>
- Haff, GG, Carlock, JM, Hartman, MJ, Kilgore, JL, Kawamori, N, Jackson, JR, Morris, RT, Sands, WA, and Stone, MH. Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *J Strength Cond Res 19*: 741–748, 2005.
- James, Lachlan P.1; Roberts, Llion A.1; Haff, G. Gregory2; Kelly, Vincent G.1,3; Beckman, Emma M.1. Validity and Reliability of a Portable Isometric Mid-Thigh Clean Pull. *Journal of Strength and Conditioning. Research 31*(5):p 1378-1386, May 2017. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000001201
- Jo, E., Valenzuela, K. A., Leyva, W., Rivera, J., Tomlinson, K., & Zeitz, E. (2022). Electromyographic Examination of Hip and Knee Extension Hex Bar Exercises Varied by Starting Knee and Torso Angles. *International Journal of Exercise Science, 15*(1), 541–551.
- Kal, E., van den Brink, H., Houdijk, H., van der Kamp, J., Goossens, P. H., van Bennekom, C., & Scherder, E. (2018). How physical therapists instruct patients with stroke: an observational study on attentional focus during gait rehabilitation after stroke. *Disability and rehabilitation, 40*(10), 1154–1165. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1290697>
- Komar, J., Chow, J.-Y., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Effect of Analogy Instructions with an Internal Focus on Learning a Complex Motor Skill. *Journal of Applied Sport Psychology, 26*(1), 17–32. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=92038905&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Konrad, Peter. (2005). *The abc of emg. A practical introduction to kinesiological electromyography.*
- Kraska, JM, Ramsey, MW, Haff, GG, Fethke, N, Sands, WA, Stone, ME, and Stone, MH. Relationship between strength characteristics and unweighted and weighted vertical jump height. *Int J Sports Physiol Perform 4*: 461–473, 2009.
- Lazarraga, P. C. (2019). Effect of attentional focus on the learning of individual sports skills . *Retos, 36*, 451–456. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060905808&partnerID=40&md5=9fd6e10c79a03d3618dac2fad31b8caf>

- Lee, S., Schultz, J., Timgren, J., Staelgraeve, K., Miller, M., & Liu, Y. (2018). An electromyographic and kinetic comparison of conventional and Romanian deadlifts. *Journal of Exercise Science and Fitness, 16*(3), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.08.001>
- Liao, C. M., & Masters, R. S. W. (2001). Analogy learning: A means to implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences, 19*, 307–319.
- Lohse, K. R., & Ketels, S. L. (2012). Implications of dual-process theories for optimizing motor learning and performance. In *Psychology of Performance and Defeat* (pp. 65–90). Nova Science Publishers, Inc. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84892094307&partnerID=40&md5=092f6f66ae100171d2f0814b559380fe>
- Martín-Fuentes, I., Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Electromyographic activity in deadlift exercise and its variants. A systematic review. *PLoS One, 15*(2), e0229507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229507>
- Martín-San Agustín, R., Castillo-Ballesta, L., Llobat Sancho, J., Esbri-Navarro, R., & Sánchez-Barbadora, M. (2022). Comparison of Electromyographic Activity During Hip Extension Exercises Under Gravitational or Inertial Loading Conditions. *Sports Health, 14*(2), 246–253. <https://doi.org/10.1177/19417381211011407>
- Massó, N., Rey, F., Romero, D., & Gual, G. (2010). Surface electromyography applications in the sport. *Apunts Med Esport, 45*.
- Masters, R. S. W. (1992). Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology, 83*, 343–358.
- Masters, R. S. W. (2000). Theoretical aspects of implicit learning in sport. *International Journal of Sport Psychology, 31*, 530-541
- Mays, Ryan & Goss, Fredric & Schafer, Mark & Kim, Kevin & Nagle-Stilley, Elizabeth & Robertson, Robert. (2010). Validation of Adult Omni Perceived Exertion Scales for Elliptical Ergometry. Perceptual and motor skills. 111. 848-62.10.2466/05.06.PMS.111.6.848-862.
- McDougall, G. J., Becker, H., Acee, T. W., Vaughan, P. W., Pituch, K., & Delville, C. (2010). Health-Training Intervention for Community-Dwelling Elderly in the SeniorWISE Study. *Archives of Psychiatric Nursing, 24*(2), 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.apnu.2009.06.003>

- McDougall, G. J., Jr, Becker, H., Acee, T. W., Vaughan, P. W., Pituch, K., & Delville, C. (2010). Health-training intervention for community-dwelling elderly in the SeniorWISE Study. *Archives of psychiatric nursing*, 24(2), 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.apnu.2009.06.003>
- Murase, D., Yokoyama, K., Fujii, K., Hasegawa, Y., & Yamamoto, Y. (2016). Baseball Catching Patterns Differ According to Task Constraints. *Advances in Physical Education*, 6, 151-157. <http://dx.doi.org/10.4236/ape.2016.63017>
- Nicklas, A., Rein, R., Noël, B., & Klatt, S. (2022). A meta-analysis on immediate effects of attentional focus on motor tasks performance. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2062678>
- Peh, S. Y.-C., Chow, J. Y., & Davids, K. (2011). Focus of attention and its impact on movement behavior. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(1), 70–78
- Pratt, J., Hoffman, A., Grainger, A., & Ditroilo, M. (2020). Forearm electromyographic activity during the deadlift exercise is affected by grip type and sex. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 53, 102428. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102428>
- Romani, P.W., McCoy, T.E., Wacker, D.P. et al. An Evaluation of Preference for Mode of Instruction Following Variations in Response Effort. *J Behav Educ* 23, 313–325 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10864-014-9198-4>
- Rose, E. A., & Parfitt, G. (2008). Can the feeling scale be used to regulate exercise intensity?. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(10), 1852–1860. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817a8aea>
- Schmidt, R. A. (1991). Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations. En J. Requin y G. E. Stelmach (Eds.), *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 59-75). Amsterdam: Kluwer Academic. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3626-6_6
- Schutts, K. S., Wu, W. F., Vidal, A. D., Hiegel, J., & Becker, J. (2017). Does Focus of Attention Improve Snatch Lift Kinematics? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(10), 2758–2764. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001753>

- Sherwood, D. E., Lohse, K. R., & Healy, A. F. (2020). The effect of an external and internal focus of attention on dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *46*(1), 91–104. <https://doi.org/10.1037/xhp0000698>
- Steele, K. M., Munger, M. E., Peters, K. M., Shuman, B. R., & Schwartz, M. H. (2019). Repeatability of electromyography recordings and muscle synergies during gait among children with cerebral palsy. *Gait & posture*, *67*, 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.009>
- Stock, M. S., & Thompson, B. J. (2014a). Effects of barbell deadlift training on submaximal motor unit firing rates for the vastus lateralis and rectus femoris. *PloS One*, *9*(12), e115567. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115567>
- Stock, M. S., & Thompson, B. J. (2014b). Sex comparisons of strength and coactivation following ten weeks of deadlift training. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, *14*(3), 387–397.
- Van Abswoude, F., van der Kamp, J., & Steenbergen, B. (2019). The Roles of Declarative Knowledge and Working Memory in Explicit Motor Learning and Practice Among Children With Low Motor Abilities. *Motor control*, *23*(1), 34–51. <https://doi.org/10.1123/mc.2017-0060>.
- Van Duijn, Tina & Hoskens, Merel & Masters, Rich. (2018). Analogy Instructions Promote Efficiency of Cognitive Processes During Hockey Push-Pass Performance. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*. 8. [10.1037/spy0000142](https://doi.org/10.1037/spy0000142).
- Weening-Dijksterhuis, E., De Greef, M. H. G., Scherder, E. J. A., Slaets, J. P. J., & Van Der Schans, C. P. (2011). Frail institutionalized older persons: A comprehensive review on physical exercise, physical fitness, activities of daily living, and quality-of-life. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *90*(2), 156–168. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181f703ef>
- Weening-Dijksterhuis, E., de Greef, M. H., Scherder, E. J., Slaets, J. P., & van der Schans, C. P. (2011). Frail institutionalized older persons: A comprehensive review on physical exercise, physical fitness, activities of daily living, and quality-of-life. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, *90*(2), 156-168.
- Winstein, C. J., Pohl, P. S., & Lewthwaite, R. (1994). Effects of physical guidance and knowledge of results on motor learning: support for the guidance hypothesis. *Research quarterly for exercise and sport*, *65*(4), 316–323. <https://doi.org/10.1080/02701367.1994.10607635>

Wulf, G., Lauterbach, B., & Toole, T. (1999). The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 120–126.

Yamada, M., & Raisbeck, L. D. (2021). The Effects of Attentional Focus Instructions Specific to Body Movements on Movement Quality and Performance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 422–429. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=149206088&lang=es&site=ehost-live&scope=site>

Yoo, C., & Park, J. (2015). Impact of task-oriented training on hand function and activities of daily living after stroke. *Journal of physical therapy science*, 27(8), 2529–2531. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2529>

Yoo, C., & Park, J. (2015). Impact of task-oriented training on hand function and activities of daily living after stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(8), 2529–2531. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2529>