



Universidad
Europea CANARIAS

**EFFECTOS DE UN PROTOCOLO DE
ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO EN LA
POTENCIACIÓN POST ACTIVACIÓN
PARA LA MEJORA DEL CAMBIO DE
DIRECCIÓN**

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2024-2025

MODALIDAD DE TRABAJO

Diseño Estudio

AUTORES

Pedro José Álvarez Estrada
David Rodríguez Toledo

TUTOR/A

Kevin Cruz Betancort

Junio de 2025
Villa de La Orotava, Santa Cruz de Tenerife

Agradecimientos

Nos gustaría darle las gracias a la Universidad Europea de Canarias por brindarnos una educación de calidad y un entorno estimulante para nuestro crecimiento profesional, así como por su constante apoyo a lo largo de nuestra formación y, en particular, por facilitarnos el uso de sus instalaciones para llevar a cabo este proyecto.

A Kevin Cruz, nuestro tutor de este trabajo de fin de titulación, por su invaluable guía, dedicación y experiencia. Su compromiso ha sido esencial en cada etapa de este proyecto, y su conocimiento ha sido un pilar fundamental para nuestro desarrollo académico.

A todos los profesores que nos han acompañado durante nuestro proceso de aprendizaje, por sus valiosas enseñanzas y su constante motivación para convertirnos en profesionales competentes.

A nuestros familiares y amigos, por su apoyo incondicional, sus consejos y su motivación, que nos han permitido crecer y superarnos día a día. Ellos son una fuente inagotable de valores que nos han formado como mejores personas.

ÍNDICE

1. Resumen / Abstract.....	8
1.1 Palabras clave / Keywords:.....	9
2. Introducción.....	10
3. Justificación.....	12
3.1 Potenciación Post Activación (PAP).....	14
3.2 Ejercicio Excéntrico.....	15
3.3 Biomecánica del Cambio de Dirección y Cambio de Sentido.....	17
3.4 Ejercicios excéntricos en la PAP para el cambio de dirección y sentido....	21
3.5 Relevancia de los COD en el fútbol.....	24
4. Hipótesis y objetivos del estudio.....	25
5. Metodología.....	26
5.1 Pro Agility Test /5-10-5.....	28
5.2 V-Cut Test.....	29
5.3 Diseño.....	30
5.4 Muestra.....	32
5.5 Variables y materiales.....	34
5.6 Procedimiento.....	37
5.7 Variables. Frecuencia y toma de datos.....	38
5.9 Equipo investigador.....	40
6. Viabilidad del estudio.....	42
7. Relación de la propuesta de estudio con un ODS.....	47
8. Conclusiones.....	49
9. Referencias bibliográficas.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fase final salida lateral.....	27
Figura 2 Fase inicial salida lateral.....	27
Figura 3 Fase final lunge.....	28
Figura 4 Fase inicial lunge.....	28
Figura 5 5-10-5 test.....	29
Figura 6 V-Cut test.....	30
Figura 7 Diagrama de participación.....	38
Figura 8 Representación esquemática del procedimiento del estudio.....	39

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Características Antropométricas De Los Participantes.....	33
---	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- COD: Cambio de Dirección
- PAP: Potenciación Post Activación
- MRLC: Cadenas Ligeras Reguladoras de la Miosina
- MLCK: Quinasa de la Cadena Ligera de Miosina
- RFD: Tasa de Desarrollo de la Fuerza
- CEA: Ciclo Estiramiento Acortamiento
- EOL: Sobrecarga Excéntrica
- COM: Centro de Masa
- PFC: Penúltimo Contacto del Pie
- FFC: Último Contacto del Pie
- GCT: Tiempo de Contacto con el Suelo
- CUT45: Corte de 45 grados
- CUT90: Corte de 90 grados
- COD180: Cambio de Dirección de 180 grados
- EMG: Electromiografía
- DOMS: Dolor Muscular de Inicio Retardado

1. Resumen / Abstract

Esta propuesta de estudio examina los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre la potenciación post-activación (PAP) y su impacto en el rendimiento en cambios de dirección (COD) en jugadores de fútbol. Se llevará a cabo un ensayo controlado aleatorizado con 25 jugadores de la 3ª División de las Islas Canarias. Los participantes realizarán una intervención de 4 semanas, ejecutando ejercicios de lunge o side-step con una polea cónica, evaluando el COD antes y después mediante el V Cut Test y el 5-10-5 Test. Hipotetizamos que ambos ejercicios inducirán PAP, mejorando el COD. Sin embargo, con esta propuesta de estudio se pretende también responder a la cuestión de si existe alguna diferencia en la PAP conseguida con la salida abierta o con el lunge sobre el rendimiento del COD como consecuencia de la correspondencia dinámica. El estudio busca contribuir a la optimización de estrategias de entrenamiento para mejorar el rendimiento en fútbol y prevenir lesiones.

This study proposal examines the effects of an eccentric training protocol on post-activation potentiation (PAP) and its impact on change of direction (COD) performance in soccer players. A randomized controlled trial will be conducted with 25 players from the 3rd Division of the Canary Islands. Participants will undergo a 4-week intervention, performing either lunge or side-step exercises using a conical pulley, with COD assessed before and after using the V Cut Test and the 5-10-5 Test. We hypothesize that both exercises will induce PAP, thereby improving COD performance. Additionally, this study aims to address whether there is a difference in the PAP achieved with the side-step versus the lunge on COD performance due to dynamic correspondence. The study seeks to contribute to the optimization of training strategies to enhance soccer performance and prevent injuries.

1.1 Palabras clave / Keywords:

Entrenamiento excéntrico, potenciación post-activación (PAP), cambio de dirección (COD)

Eccentric training, post-activation potentiation (PAP), change of direction (COD)

2. Introducción

La capacidad de realizar cambios de dirección (COD) de manera eficiente es un factor determinante del rendimiento en los deportes de equipo. Durante un partido, los deportistas deben desacelerar, girar y reaccelerar en múltiples ocasiones, lo que requiere una combinación de velocidad, fuerza y coordinación (Dos Santos et al., 2018). El desarrollo de estas capacidades no solo mejora el rendimiento en acciones clave como la defensa, el ataque o las transiciones, sino que también puede reducir el riesgo de lesiones asociadas a movimientos bruscos y desaceleraciones forzadas (Bloomfield et al., 2007).

Uno de los mecanismos más estudiados para mejorar el rendimiento explosivo es la potenciación post-activación (PAP), que se refiere a la mejora aguda de la fuerza y la potencia muscular tras una actividad contráctil previa de alta intensidad (Sale, 2002; Bishop, 2009). Este fenómeno se debe, principalmente, a la fosforilación de las cadenas ligeras reguladoras de la miosina (MRLC), que aumentan la sensibilidad al calcio y la eficiencia en la generación de fuerza (Manning & Stull, 1979; Levine et al., 1996, 1998). Además, se ha observado que el incremento de la temperatura muscular y el aumento del impulso neural inducidos por la PAP pueden mejorar el rendimiento en acciones explosivas como el sprint, el salto y el cambio de dirección (Bergh & Ekblom, 1979; Heckman & Enoka, 2012). Para conseguir dicho efecto de potenciación sobre el COD, se puede utilizar el entrenamiento excéntrico, que ha cobrado gran relevancia debido a su capacidad para generar altos niveles de fuerza con un menor costo metabólico y una mayor activación de las fibras musculares de tipo II (Lindstedt, LaStayo & Reich, 2001; Hollander et al., 2007).

La biomecánica del cambio de dirección implica una serie de fases que van desde la aceleración inicial hasta la reacceleración tras el giro, con un impacto significativo en la mecánica del centro de masa y la aplicación de fuerzas sobre el suelo (Dos Santos et al., 2019). Dependiendo del ángulo y la velocidad del movimiento, se pueden diferenciar distintos tipos de COD, cada uno con demandas específicas de fuerza y técnica (Dos Santos, 2021). En este contexto, la aplicación de estrategias de PAP mediante ejercicios excéntricos puede

proporcionar una ventaja competitiva al mejorar la capacidad de frenado y reaceleración, optimizando la eficiencia mecánica del gesto (Suchomel et al., 2016; Cormie et al., 2011).

3. Justificación

Este estudio pretende aportar nueva información al campo de la preparación física, ya que, si bien la PAP ha sido ampliamente investigada en relación con el sprint y el salto vertical, su aplicación específica en ejercicios excéntricos de lunge y salida abierta en polea cónica para mejorar el COD es un área de investigación emergente. La literatura actual no explora en profundidad cómo distintos ejercicios pueden influir en la PAP y su transferencia a gestos deportivos específicos en fútbol, lo que resalta la necesidad de estudios como el presente.

Además, existe una escasez de investigaciones previas que utilicen esta metodología en el contexto específico del cambio de dirección. La investigación sobre la PAP en el COD es aún limitada y se ha centrado mayormente en protocolos de fuerza máxima y pliometría. Sin embargo, no se ha profundizado en el impacto del trabajo excéntrico en polea cónica y en cómo diferentes ejercicios pueden generar adaptaciones más efectivas para mejorar la capacidad de los futbolistas de cambiar de dirección con mayor eficiencia. El estudio, también, incorpora nuevas variables de análisis, ya que no solo evalúa el efecto de la PAP en el COD, sino que introduce la comparación entre dos ejercicios distintos (lunge y salida abierta) para determinar cuál induce una mayor potenciación. Este enfoque permite una comprensión más detallada de la relación entre el tipo de estímulo excéntrico y la mejora del rendimiento en situaciones reales de juego.

Por otro lado, la temática posee un carácter emergente dentro del entrenamiento deportivo. El uso de la polea cónica en el desarrollo de la fuerza excéntrica ha cobrado mayor relevancia en los últimos años debido a su capacidad para optimizar la producción de fuerza y mejorar el rendimiento en deportes de alta demanda física como el fútbol (Godwin et al., 2021; Chena, M., 2018; Raya et al., 2018; De Hoyo et al., 2016). Sin embargo, la investigación en este ámbito aún se encuentra en sus primeras etapas, lo que justifica la necesidad de seguir explorando su efectividad y aplicación en gestos específicos como el COD. Asimismo, es crucial una mayor aproximación a la experiencia de los futbolistas en relación con estos protocolos de entrenamiento.

Dado que el COD es una acción clave en el rendimiento del fútbol y que la PAP es un fenómeno de corta duración, comprender la percepción de los jugadores sobre la fatiga, la eficacia y la aplicabilidad de estos ejercicios puede contribuir a optimizar su uso en la práctica deportiva y mejorar la planificación de los entrenamientos. Finalmente, este estudio tiene el potencial de generar nuevas hipótesis de investigación, ya que sus hallazgos pueden abrir la puerta a futuras líneas de estudio enfocadas en aspectos como el tiempo óptimo de recuperación post-PAP, la combinación de diferentes estímulos de entrenamiento o la individualización de los protocolos en función de la posición del jugador en el campo.

El ángulo de cambio de dirección (COD) seleccionado como variable principal de estudio en este trabajo es el de 180°, dado su carácter determinante en situaciones específicas del juego, a pesar de su menor frecuencia en comparación con CODs de ángulos menores como el de 45°. Tal y como indican Bloomfield et al. (2007), los cambios de dirección más frecuentes durante un partido de fútbol son aquellos entre 0° y 90°, sin embargo, los COD de 180° representan acciones clave en momentos de transición táctica, como el paso de defensa a ataque y viceversa, además de repliegues defensivos, situaciones que suelen ser ejecutadas por jugadores en posiciones como los defensores y los laterales, quienes acumulan el mayor número de COD por partido (hasta 820 acciones por encuentro, según Pillitteri et al., 2023). Estas acciones exigen una capacidad inmediata de desaceleración total, reorientación del centro de masa (COM) y reaceleración máxima en dirección opuesta, lo que convierte al COD180 en una tarea biomecánicamente compleja y altamente demandante (Jones et al., 2017; Dos Santos et al., 2017). Además, se ha demostrado que este tipo de gesto implica mayores fuerzas de frenado y propulsión, tiempos de contacto más largos y una mayor inclinación del tronco y rotación de pelvis, factores biomecánicos que lo diferencian significativamente de cortes menos exigentes como el CUT45 o CUT90 (Havens y Sigward, 2015; Dos Santos et al., 2020). Por lo tanto, el estudio del COD180 permite analizar con mayor precisión el impacto de la potenciación post-activación sobre una acción decisiva, menos frecuente pero de alta relevancia táctica y condicional, particularmente útil para optimizar el rendimiento

y prevenir lesiones en los perfiles de jugadores más implicados en este tipo de demandas.

3.1 Potenciación Post Activación (PAP)

La potenciación post activación (PAP) se refiere al fenómeno que provoca un aumento de la contracción muscular y de la fuerza tetánica de manera aguda como consecuencia del historial contráctil, también llamado actividad contráctil de acondicionamiento. En este, se incluyen contracciones provocadas por el fenómeno de Treppe o de escalera, una contracción tetánica inducida de manera involuntaria (PTP) o una contracción voluntaria máxima sostenida (PAP) (Sale, 2002; Bishop, 2009). Otros autores, como Stone, Sands, Pierce, Ramsey y Haff (2008), describen la potenciación post activación como el fenómeno que provoca un aumento de la génesis de fuerza y potencia por la acción de contracciones máximas y submáximas.

Uno de los mecanismos principales de la potenciación postactivación (PAP) se atribuye a la fosforilación de las cadenas ligeras reguladoras de la miosina (MRLC), lo que aumenta la sensibilidad de la interacción actina-miosina al calcio (Ca^{2+}) liberado por el retículo sarcoplásmico (Sale, 2002; Bishop, 2009). La fosforilación es catalizada por la quinasa de la cadena ligera de miosina (MLCK), que es activada por el Ca^{2+} (Manning & Stull, 1979) aumentando la movilidad de la cabeza de miosina (Levine et al., 1996, 1998; Alamo et al., 2015; Brito et al., 2011), lo que incrementa a su vez la probabilidad de formación de puentes cruzados y, por lo tanto, la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) (Vandenboom et al., 1993; Hamada et al., 2000; Baudry and Duchateau, 2007; Babault et al., 2008). Este efecto es mayor en fibras de tipo II debido a que estas presentan unos niveles basales de sensibilidad al Ca^{2+} más bajos (Gardetto et al., 1989; Metzger and Moss, 1990) y mayor actividad por parte de la cadena ligera de miosina (MLCK) respecto a las fibras de tipo I (Moore & Stull, 1984).

Otro de los fenómenos que se asocian a los beneficios de la PAP es el aumento de la temperatura muscular, que se relaciona con incrementos tanto en

la tasa de desarrollo de la fuerza como en la velocidad de acortamiento en músculos/fibras de contracción rápida y lenta (Ranatunga, 1982; Stein et al., 1982; Elmubarak y Ranatunga, 1984). El aumento de la temperatura intramuscular inducido por el ejercicio desencadena mejoras significativas en el rendimiento en actividades que requieren altos niveles de potencia como el sprint o el salto vertical. Por ello, la temperatura muscular podría contribuir a la mejora en el rendimiento voluntario después de un breve período de ejercicio de alta intensidad (Bergh y Ekblom, 1979). Como consecuencia de la PAP, también se produce un aumento del impulso neural o de la activación muscular. El ejercicio intenso aumenta el nivel de impulso neural voluntario al músculo, aumentando la RFD voluntaria máxima y la fuerza muscular máxima (Heckman y Enoka, 2012). Sin embargo, a pesar de que se observan mejoras en cuanto a rendimiento funcional en referencia al aumento de los impulsos nerviosos, no se observa, en general, una activación muscular aumentada mediante la EMG (Hough et al., 2009; Seitz et al., 2015). La PAP podría causar, también, un aumento de la rigidez a nivel muscular y tendinoso. El pico de contracción, las fuerzas tetánicas submáximas y la RFD, están fuertemente influenciados por la rigidez de las estructuras elásticas en serie intramusculares (Josephson y Edman, 1998). Un aumento en la rigidez debería, teóricamente, promover la RFD (en contracciones voluntarias máximas), el par de contracción máximo y, por lo tanto, mostrarse como consecuencia de la PAP (Edman and Josephson, 2007).

3.2 Ejercicio Excéntrico

Para comprender el entrenamiento excéntrico es determinante entender lo que son las contracciones excéntricas. Estas son descritas como aquellas en las que la fuerza a la que es sometida un músculo sobrepasa la propia fuerza generada por sí mismo y que, como consecuencia, genera un estiramiento de este. Esto resulta en una contracción que produce una absorción de la energía mecánica, motivo de la fase de frenado del movimiento generado mediante un almacenamiento de energía elástica y caracterizado por alcanzar una producción de fuerza alta pero con un consumo bajo de energía. Por lo tanto, el entrenamiento

excéntrico se puede definir como la metodología que permite trabajar con énfasis sobre las contracciones musculares en estiramiento respecto a las acciones musculares concéntricas mediante las tareas de frenado a las que son sometidos los diferentes segmentos del aparato locomotor, generando picos de fuerza altos sobre las estructuras contráctiles con un reclutamiento y consumo de energía menor que las concéntricas (Lindstedt, LaStayo y Reich, 2001).

El entrenamiento de carga excéntrica se utiliza con el objetivo de producir adaptaciones crónicas. Sin embargo, se trata de un modelo el cual numerosos estudios han reflejado la capacidad que posee de generar una potenciación aguda (Beato et al., 2019; Vicens Bordás et al., 2018). Las tareas de entrenamiento excéntrico generan un mayor reclutamiento de unidades motoras de orden superior o fibras rápidas tipo IIa y IIx, lo que ofrece un estímulo que puede afectar a la mejora del rendimiento tanto de manera aguda como crónica (Tillin, 2009). Además, se caracterizan por producir picos de fuerza más altos (Hollander et al., 2007) con un menor costo metabólico (Dudley et al., 1991) y una mayor activación cortical (Fang et al., 2001). El entrenamiento asociado a ejercicios excéntricos está relacionado con mecanismos de prevención de daño muscular (García López et al., 2007; Fernández Gonzalo et al., 2012) y un incremento de la masa muscular en comparación con el concéntrico (Farthing et al., 2014; Franchi et al., 2014). Igualmente, genera una mejora de los componentes elásticos en el área miotendinosa y, en consecuencia, del ciclo estiramiento acortamiento (CEA), aumentando el potencial de generar fuerza en la fase concéntrica posterior a la excéntrica debido a la mayor capacidad almacenamiento y uso de energía elástica de la que se dota a estas estructuras (Meylan et al., 2010).

El entrenamiento excéntrico en máquina inercial es comúnmente utilizado para mejorar valores de acciones como el salto y el sprint en deportistas de alto nivel, como futbolistas (De Hoyo et al., 2015; Tous Fajardo et al., 2016; Gonzalo Skok et al., 2017). Estos aparatos permiten generar un estímulo de sobrecarga excéntrica (EOL) en el que la fuerza excéntrica generada durante el procedimiento iguala o excede la concéntrica (Vicens Bordás et al., 2018). El principal beneficio que se extrae a través de estas herramientas de trabajo es la alta sobrecarga mecánica que se da en la fase excéntrica posterior al movimiento (Gonzalo Skok

et al., 2017; Beato et al., 2019). De esta manera, la EOL generada por un dispositivo inercial puede contribuir de forma aguda a la mejora del rendimiento del CEA y los efectos de transferencia a acciones de potencia y con un alto componente neuromuscular como el salto, el sprint o el cambio de dirección (Beato et al., 2019).

3.3 Biomecánica del Cambio de Dirección y Cambio de Sentido

El cambio de dirección (COD) se define como una reorientación y cambio en la trayectoria del centro de masa (COM) del cuerpo hacia una nueva dirección deseada por el que lo ejecuta (Dos Santos et al., 2018; Wyatt et al., 2019). La capacidad de cambiar rápidamente de dirección es una acción determinante para un rendimiento de éxito en todos los deportes multidireccionales (Sweeting et al., 2017).

El cambio de dirección (COD) en el desplazamiento presenta una estructura de cuatro fases, según Dos Santos y colaboradores (2019). Primero, la aceleración inicial, que está compuesta por una carrera lineal. Luego, una desaceleración preliminar, donde se reduce el momento de inercia anterior para iniciar el movimiento y se toman ciertas posturas corporales que introduzcan la acción. Esta viene determinada por factores como la velocidad de aproximación, el ángulo corporal que se adopte para el COD, el propio contexto en el que se realiza y la capacidad física del deportista. Posteriormente, sucede el corte o cambio de dirección, donde se realiza la acción propiamente con un apoyo que implique una lateralización del centro de masa y la aplicación de una fuerza perpendicular. Por último, se produce la reaceleración, en la que se vuelve a retomar la velocidad.

El cambio de dirección es una acción con múltiples apoyos consecutivos en los que se aplica una fuerza de entre 2 y 5 veces el peso corporal de la persona que lo ejecuta. De la misma manera, presenta una alta demanda de activación de la musculatura encargada de la triple extensión del miembro inferior y del tronco (Maniar et al., 2018; Dos Santos et al., 2019). Asimismo, la biomecánica y la

demanda física de los cambios de dirección, al igual que la técnica y la estrategia de ejecución, son dependientes del ángulo y la velocidad en los que se realizan. Varias características biomecánicas difieren de los COD según su ángulo de realización. Existen diferencias mecánicas claves en los perfiles de velocidad, tiempos de contacto con el suelo (GCT), ángulos, momentos articulares y parámetros posturales entre los COD45, COD90 y COD180 (Dos Santos, 2021). De esta manera, un deportista puede desarrollar los siguientes CODs (Hader et al., 2015).

- a) Cambios de dirección de los 0° - 45° : permiten un mantenimiento de la velocidad; presentan una desaceleración limitada, con una frenada menor entre el penúltimo y último contacto del pie (PFC) antes de la rotación que inicia el movimiento hacia la nueva dirección (FFC) (Dos Santos et al., 2019). Se da una fase de devolución de fuerza de apoyo contra el suelo más rápida en el último apoyo que en el paso lateral.
- b) Cambios de dirección de los 45° - 60° : presentan una desaceleración moderada, con una frenada mayor entre el penúltimo y último contacto del pie (PFC) antes de la rotación que inicia el movimiento hacia la nueva dirección y el último contacto con el pie (FFC) (Dos Santos et al., 2019). Durante este, se debe evitar una reducción de la velocidad del centro de masa a lo largo del plano transversal de la trayectoria del COD.
- c) Cambios de dirección de los 60° - 180° : presentan una desaceleración alta, con una frenada significativa entre el penúltimo y último contacto del pie (PFC) antes de la rotación que inicia el movimiento hacia la nueva dirección (FFC) (Dos Santos et al., 2019). Se requiere de una estrategia de paso lateral o de pivote.

En términos de tiempos de contacto, según un estudio realizado por Kathryn L. Havens y Susan M. Sigward (2015), se establece que estos son mayores en los COD45 y COD90 en comparación con la carrera recta (RUN), tanto en la fase de aproximación como en la de ejecución. Además, los cortes más cerrados requieren tiempos de contacto más largos. En particular, el corte de 90°

(CUT90) muestra valores superiores a los del corte de 45° (CUT45) y RUN en ambas fases. Durante la fase de desaceleración, representada por el paso de aproximación, el tiempo de contacto es significativamente mayor en CUT45 (156 ± 14 ms) y CUT90 (194 ± 30 ms) en comparación con RUN (146 ± 12 ms). También, se observa una diferencia entre CUT90 y CUT45, con un tiempo mayor en el primero. En la fase de ejecución del corte, los tiempos de contacto aumentan aún más en CUT45 (157 ± 19 ms) y CUT90 (252 ± 59 ms) frente a RUN (144 ± 11 ms), con CUT90 nuevamente mostrando el valor más alto (Havens y Sigward, 2015).

Por otro lado, al comparar el paso de aproximación con el de ejecución dentro de cada tarea, se encuentra que, en CUT90, el tiempo de contacto es menor en la aproximación que en la ejecución, lo que sugiere una estrategia en la que se prioriza la desaceleración antes de realizar un giro más exigente. En contraste, no se observan diferencias significativas entre ambas fases en RUN o CUT45. (Havens y Sigward, 2015). Significativamente, a medida que el ángulo del cambio de dirección aumenta, también lo hace el tiempo de contacto, indicando que los atletas requieren más tiempo para desacelerar y redirigir su movimiento. En cortes de 90°, existe una preparación anticipada en la que el tiempo de contacto en la fase de aproximación es menor que en la fase de ejecución, lo que puede indicar un ajuste estratégico para optimizar la transición hacia la nueva dirección (Havens y Sigward, 2015).

Biomecánicamente, se trata de un gesto deportivo que, en un breve periodo de tiempo, requiere un paso de una velocidad de aproximación elevada a una velocidad mínima para su posterior reanudación. En primera instancia, se da una alta fuerza de frenado en el penúltimo contacto de pie mientras se produce un descenso del centro de masa (COM) y una inclinación de tronco junto con la rotación de pelvis hacia el lado de desplazamiento. Luego se genera una transición rápida de un momento de bajo rango de movimiento (ROM) de flexión de rodilla y cadera a una gran extensión de tobillo, rodilla y cadera. Esto produce unos elevados momentos de fuerza en tobillo, rodilla y cadera. Finalmente se utilizan los apoyos laterales del pie para generar fuerzas de frenado y propulsión contra el suelo, caracterizados por unos tiempos de contacto bajos. (Dos Santos, 2020).

Las capacidades físicas relacionadas con los CODs son la producción máxima y rápida de fuerza, a través del impulso; y la capacidad de desarrollar fuerza excéntrica, isométrica, concéntrica y reactiva. Mecánicamente, requieren de un tren inferior y un tronco capaz de soportar las cargas, así como unas articulaciones capaces de realizar movimientos rápidos de forma simultánea y una capacidad de frenado y aceleración efectiva. Sobre la velocidad, es crucial el desarrollo de la capacidad para acelerar y reacelerar, además del mantenimiento de la velocidad y las transiciones hacia y desde velocidades mínimas. Para la desaceleración, frenar tarde y rápido y la coordinación durante el PFC y los pasos anteriores son aspectos determinantes (Dos Santos et al., 2020). El pico de fuerza excéntrica observado durante el penúltimo paso, es decir, la capacidad de ejercer mayor fuerza de frenado, es un factor determinante del rendimiento en el COD que influye en la velocidad de ejecución. (Dos Santos, 2017).

Los jugadores de fútbol pueden realizar aproximadamente 600 cambios de dirección de 0° a 90° y unos 100 de 90° a 180° durante los partidos (Bloomfield et al., 2007). Por tanto, la capacidad de realizar cambios de dirección de forma competente en el todo el abanico de ángulos se considera muy importante en este deporte (Dos Santos et al., 2018). La capacidad de cambiar de dirección 180° es una habilidad fundamental y frecuente desarrollada en deportes de situación o de cooperación-oposición, ya que es característico de los momentos del juego de transición (Bloomfield, 2007). Este cambio de dirección requiere que los atletas reduzcan su impulso horizontal a cero (Jones et al., 2017), giren su cuerpo y coloquen el pie delante de su COM para producir un frenado y una posterior propulsión que les permita acelerar. El desarrollo eficiente de este gesto implica una interacción entre la velocidad de sprint lineal, la mecánica, la desaceleración y la capacidad física (Spiteri et al., 2015; Dos Santos et al., 2019). Los determinantes biomecánicos del COD 180° incluyen mayores fuerzas de propulsión horizontal máximas y medias de GCT cortos, fuerzas de frenado y propulsión orientadas horizontalmente y velocidades del COM más rápidas, con una disminución drástica de la velocidad en la fase clave del COD, el propio cambio de dirección. (Jones et al. 2017; Dos Santos et al., 2017, 2020). Además, se genera una mayor triple extensión del miembro inferior durante el PFC y

mayores fuerzas de frenado (Dos Santos et al., 2019). De la misma manera, se produce una inclinación superior del tronco, una rotación interna de la pelvis y del pie (Dos Santos et al., 2020).

La PAP es un fenómeno fisiológico con un tiempo efectivo y de aplicación muy corto, cuya duración va de unos segundos a unos pocos minutos posteriores al estímulo que la induce. Muchas acciones deportivas, como el sprint, el salto vertical o el cambio de dirección se mejoran a través de la potenciación post-activación (Krzysztofik et al., 2021). La PAP muestra beneficios en el cambio de dirección en futbolistas adolescentes (Toprak et al., 2022). De la misma manera, un protocolo de potenciación post-activación genera mejoras en el cambio de dirección en estudiantes universitarios entrenados en un test 505 tras cuatro minutos de descanso pasivo (Orjalo et al., 2020). Siguiendo esta línea, un protocolo de PAP de pliometría en estudiantes universitarios muestra mejoras en la capacidad de desaceleración en el cambio de dirección a los 2 minutos de aplicarse (Ciocca et al., 2021). Sin embargo, se debe tener en cuenta la transferencia del gesto y la orientación condicional de este para producir PAP en relación sobre el que se pretende aplicar, ya que una naturaleza de tarea para generar PAP diferente a la que se ejecute posteriormente puede no generar el efecto deseado (Naylor y Beato, 2021).

3.4 Ejercicios excéntricos en la PAP para el cambio de dirección y sentido

El motivo de aplicar tareas con carga excéntrica a través de, por ejemplo, máquinas inerciales, para generar PAP se basa en los dos mecanismos (central y periférico) que fundamentan la potenciación post-activación (Wallace et al., 2019). Los estímulos de sobrecarga excéntrica, al igual que las contracciones excéntricas, generan un menor reclutamiento de unidades motoras que en ejercicios concéntricos (Sabido et al., 2019; Coratella et al., 2015). Esto deriva en una mayor tasa de descarga y aplicación de fuerza por unidad motora y sincronía en la acción (Tillin, 2009; Higbie et al., 1996). Esta ventaja en la activación puede verse aún mejorada a través de la aplicación de sobrecarga excéntrica a ejercicios multiarticulares compuestos, como la sentadilla (Fahs et al., 2018; Norrbrand et

al., 2010). Otra ventaja de los ejercicios excéntricos es la potenciación de la fuerza, la potencia y la gran cantidad de *outputs* motores que produce (Maroto Izquierdo et al., 2017; Cormie et al., 2011). Estos *outputs* contribuyen a la mejora del CEA, lo que puede inducir efectos de transferencia más potentes a acciones excéntricas-concéntricas rápidas y atléticas, como el salto, el sprint o el cambio de dirección (Cormie et al., 2011; Markovic et al., 2010). Estas acciones pueden verse beneficiadas de la ejecución previa de ejercicios de carga excéntrica como mecanismo de PAP, a través de la estimulación funcional del sistema musculotendinoso (Suchomel et al., 2016).

El conocimiento alrededor de los ejercicios de sobrecarga excéntrica y la PAP es relativamente novedoso. Se trata de una nueva estrategia de inducción de potencial post-activación cuya evidencia científica muestra las siguientes pautas (Beato et al., 2019):

- El uso de diferentes cargas excéntricas puede estimular de manera similar la PAP. Sin embargo, una alta carga puede estar acompañada de un mayor grado de fatiga aguda, lo que debe tenerse en cuenta a la hora de planificar los tiempos de descanso entre el estímulo y la actividad posterior.
- Los estudios muestran que el periodo de descanso óptimo entre estímulo y actividad para lograr una PAP dominante a la fatiga es posterior a 3 minutos.
- Los ejercicios de carga excéntrica poseen una gran demanda de fuerza-potencia, por lo que aquellos que se utilicen como estímulo deben realizarse en volúmenes bajos (de 2 a 3 series). Esto se debe a que volúmenes altos pueden inducir fatiga aguda y retrasar en exceso o mitigar la PAP.
- Debido a la complejidad de estos ejercicios, se recomienda una familiarización de 3 a 4 sesiones antes de utilizar el protocolo como PAP.

En protocolos de PAP, los ejercicios deben presentar similitudes biomecánicas a la acción sobre la que se pretende obtener el efecto -series de *squat jump* para tareas de salto o series de *hip thrust* para tareas de sprint, por ejemplo- (Dello Iacono, 2016; 2018; Suchomel, 2016). En este caso, siguiendo el

postulado del Principio de Correspondencia Dinámica de Verkhoshansky (2009), en el cual se determina que para obtener un correcto rendimiento en un ejercicio es necesaria una transferencia del entrenamiento de gesto al trabajo de fuerza, se debe tener en cuenta:

- La amplitud y dirección del movimiento.
- Región acentuada de producción de la fuerza.
- Dinámica del esfuerzo.
- Tasa y tiempo de producción de fuerza máxima.
- Régimen de trabajo muscular.

Así, se establece que el *lunge*, por su carácter unilateral y su orden jerárquico de activación; y la salida abierta, por su especificidad en todo el abanico de principios citados anteriormente, son acciones motrices adecuadas para introducir en un protocolo PAP de carga excéntrica (Hernández Abad, 2021). El *lunge* o zancada es un ejercicio de cadena cinética cerrada en el que se promueven patrones de activación similares a los que se encuentran en la carrera y en el cambio de sentido. La biomecánica de este movimiento consiste en una triple flexoextensión de tobillo, rodilla y cadera, donde una de las piernas se encuentra anteriorizada respecto a la otra. En este caso, la rodilla es la articulación que mayor recorrido realiza, aunque los flexores y extensores de cadera (recto anterior del cuádriceps y glúteo mayor e isquiotibiales, respectivamente) son los que mayor nivel de activación alcanzan, comprobado a través de electromiografía (Hefzy et al., 1997; Boudreau et al., 2009; Rienmann et al., 2012).

La salida abierta o *side step* es una acción con una biomecánica en su ejecución compuesta por una triple flexión del miembro inferior, una extensión del mismo bloque articular con una abducción de cadera (quedando en apoyo monopodal), una rotación del pie apoyado con un pequeño valgo de rodilla y una rotación del tronco (Dempsey et al., 2007). Por lo tanto, la realización del *lunge* y la salida abierta como ejercicios para producir PAP cumple con el principio de individualización del gesto y transferencia (Represas Lobeto, 2015).

3.5 Relevancia de los COD en el fútbol

Según Pillitteri y colaboradores (2023), durante un partido de fútbol, un jugador realiza unos 1100 COD. Estos movimientos se realizan en un amplio espectro de ángulos. Aproximadamente unos 600 se realizan entre los 0° y los 90°; y unos 100 entre los 90° y los 180°. Por posición, los jugadores que más COD realizan son los defensores (unos 820), seguidos de los delanteros (sobre 750) y los centrocampistas (unos 610). Los COD en ángulos superiores a 180° son poco comunes en este deporte (Bloomfield, 2007). De estos COD realizados por futbolistas, aproximadamente unos 60 por partido son de alta intensidad, con velocidades superiores a 16 km/h; y unos 15 son ejecutados a máxima intensidad, con velocidades superiores a los 21 km/h. Las frecuencias de COD aumentan de manera significativa en los equipos que juegan como visitante, de la misma manera que lo hacen en partidos que se juegan en superficies artificiales (Granero Gil et al., 2020).

Los COD en fútbol son frecuentemente utilizados en acciones de ataque en forma de evasión o separación del oponente para crear un espacio y recibir un pase o ganar duelos. También, son el precursor principal de cualquier acción de transición de defensa a ataque o viceversa. De la misma manera, los sprints suelen iniciarse con un COD, además de realizarse un gran número de ellos con balón (Caldbeck, 2020). Faude y colaboradores (2012), cifran en aproximadamente un 10% el número de goles en los que hay implicado un COD igual o superior a 50°. En fase defensiva, los COD involucran acciones de bloqueo, *tackling*, interceptaciones, anticipaciones o presión.

4. Hipótesis y objetivos del estudio

Hipótesis

1. El cambio de dirección, evaluado en *V Cut Test* y *5-10-5 Test*, mejora tras un protocolo de potenciación post activación de entrenamiento excéntrico de *lunge* y salida abierta en polea cónica.
2. La salida abierta, al contar con una mayor correspondencia dinámica, genera mejoras más significativas en el COD que el protocolo de *lunge*.

Objetivos

1. Determinar si existe una reducción temporal en la ejecución del cambio de dirección mediante el uso del *V Cut Test* y *505 Test* tras un protocolo PAP de entrenamiento excéntrico en polea cónica con los ejercicios de *lunge* y salida abierta.
2. Analizar si la correspondencia dinámica del protocolo PAP de entrenamiento excéntrico realizado en salida abierta genera mejoras mayores que el realizado por el *lunge*.

5. Metodología

El trabajo consiste en un ensayo controlado aleatorizado (ECA) sobre un protocolo de entrenamiento excéntrico para lograr PAP en el cambio de dirección. La muestra está compuesta por 25 jugadores de fútbol de la categoría de 3ª División canaria. La edad media de los deportistas es de 21,92 años y una media de peso de 74,1 kg. La selección de la muestra es mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

Los criterios de inclusión del estudio son que los jugadores deben estar federados en la categoría, pertenecer al mismo equipo, asistir regularmente a los entrenamientos y no padecer o haber padecido una lesión musculoesquelética previa del miembro inferior en los últimos 6 meses. Además, los jugadores deben tener un mínimo de entre 6 meses y 1 año de experiencia en entrenamiento de fuerza excéntrico con ejercicios de miembros inferiores (como sentadillas, peso muerto u otras variantes). No pueden presentar un consumo excesivo de cafeína, suplementos ergogénicos o fármacos que puedan afectar la producción de fuerza y la recuperación. Finalmente, tampoco pueden estar realizando otro programa de entrenamiento concurrente que pueda interferir con los resultados. De la misma manera, se excluyen del protocolo a aquellos jugadores que no completen, al menos, el 85% de las sesiones programadas o aquellos que no cumplan un mínimo de 6 horas semanales de entrenamiento regular en el campo, simulando el protocolo utilizado por Gonzalo Skok (2015).

El protocolo de entrenamiento excéntrico se desarrolla durante 4 semanas, con dos sesiones en cada una de ellas, supervisadas por los responsables del estudio y con 48h de descanso (Gonzalo Skok, 2015). Las dos primeras sirven para realizar las medidas antropométricas, los ajustes de las cargas y la familiarización de los deportistas con los tests que se proponen, el *Vcut test* y el *5-10-5 test*. Importante destacar que los jugadores ya tienen experiencia en el entrenamiento excéntrico y con tareas de salida lateral y lunge.

Se formarán dos grupos de manera aleatoria. Uno de ellos será el grupo control, que solo deberá realizar sus entrenamientos regulares y las mediciones

de los tests. El otro grupo, será el experimental, que llevará a cabo la intervención con el protocolo de entrenamiento excéntrico en el que se incluye un ejercicio de lunge en máquina inercial y otro de salida abierta en el mismo dispositivo. Las herramientas utilizadas son una polea cónica *PROCAMI*, desarrollada por la empresa *Iberian Sport Tech*, y un *encoder* rotatorio desarrollado por *Chronojump*.

Ambos dispositivos, la Polea Cónica Inercial *PROCAMI* y el Encoder Rotatorio de Eje de *Chronojump*, son herramientas avanzadas que permiten un control preciso sobre el rendimiento durante los entrenamientos. Estos sistemas ayudan a optimizar el rendimiento deportivo y ofrecen una valiosa información sobre la fuerza, la potencia y la velocidad generada durante los movimientos. Por estos motivos se ha decidido utilizarlos como dispositivos para medir y controlar las tareas propuestas en el estudio. El encoder rotatorio de *Chronojump* se ha utilizado en los estudios realizados por Illera-Domínguez y colaboradores en 2023 o Lahuerta-Martín y colaboradores en 2024.

La salida abierta y el lunge se realizan de la siguiente manera:

- Salida abierta

Figura 1

Fase final salida abierta

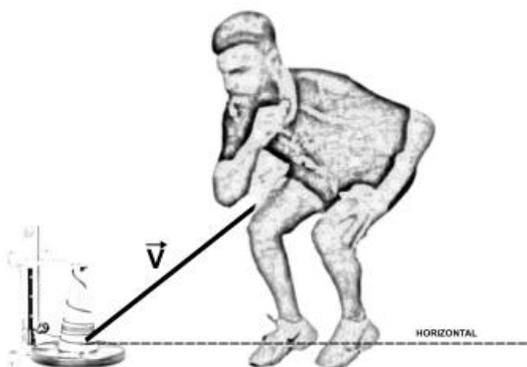
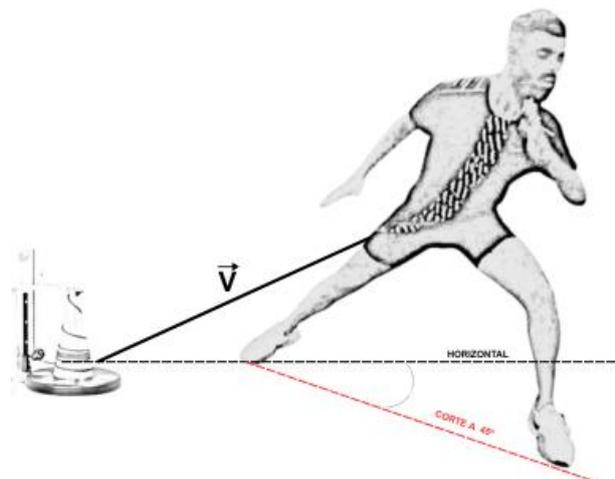


Figura 2

Fase inicial salida abierta



- Lunge

Figura 3

Fase inicial lunge

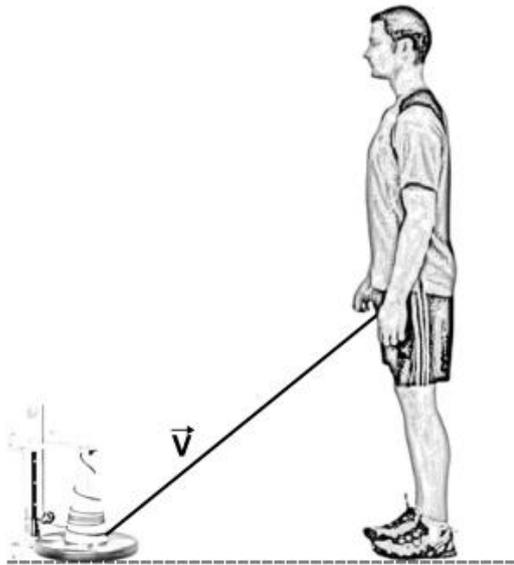
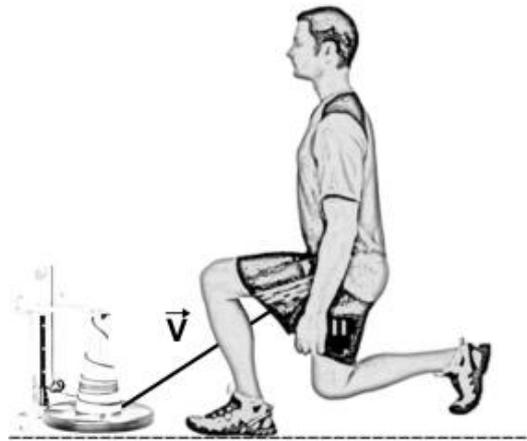


Figura 4

Fase final lunge



Los test que miden el COD son el 5-10-5 Test (Harmann et al., 2008) y el V Cut Test (Gonzalo Skok et al., 2015). Estos son utilizados frecuentemente en la práctica deportiva para medir la eficacia y eficiencia de los deportistas en el COD y en el cambio de sentido, presentes de manera significativa en deportes de situación.

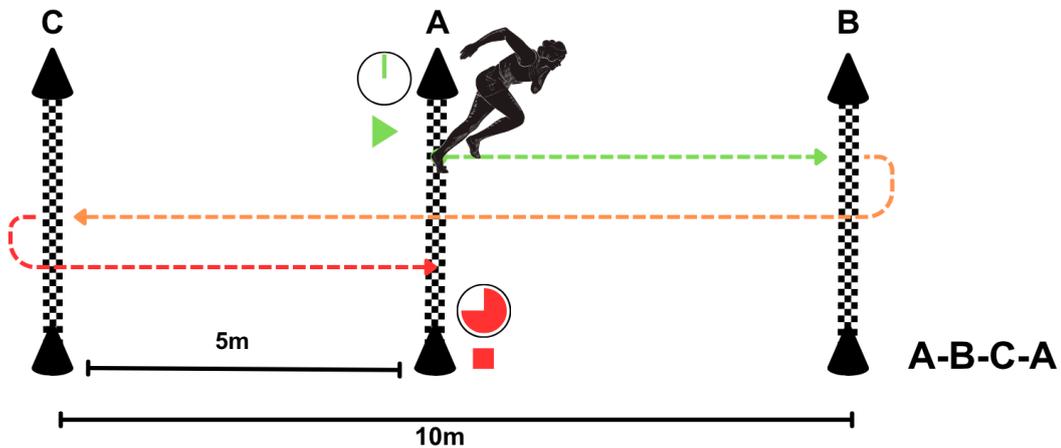
5.1 Pro Agility Test /5-10-5

El 5-10-5 Test evalúa la velocidad de cambio de sentido, aceleración, desaceleración, control corporal y potencia en deportes de equipo, principalmente. Se realiza en una superficie plana y antideslizante con tres conos en línea recta, separados por 5 metros, formando un recorrido total de 10 metros y una fotocélula/cronómetro para recoger los tiempos con precisión. Los conos se colocan a 0 metros (inicio/fin), 5 metros (intermedio) y 10 metros (final).

El atleta se posiciona en el cono central en una posición de tres puntos, de frente hacia uno de los lados. Tras la señal del administrador, el cronómetro inicia cuando la mano deja el suelo. El atleta corre 5 metros hasta pasar el cono haciendo una desaceleración y un cambio de sentido. Luego, vuelve a acelerar 10 metros al cono opuesto, desacelera, cambia de sentido y regresa 5 metros al cono central, cruzando la línea de inicio/fin. Se mide el tiempo desde el inicio hasta el final.

Figura 5

5-10-5 test

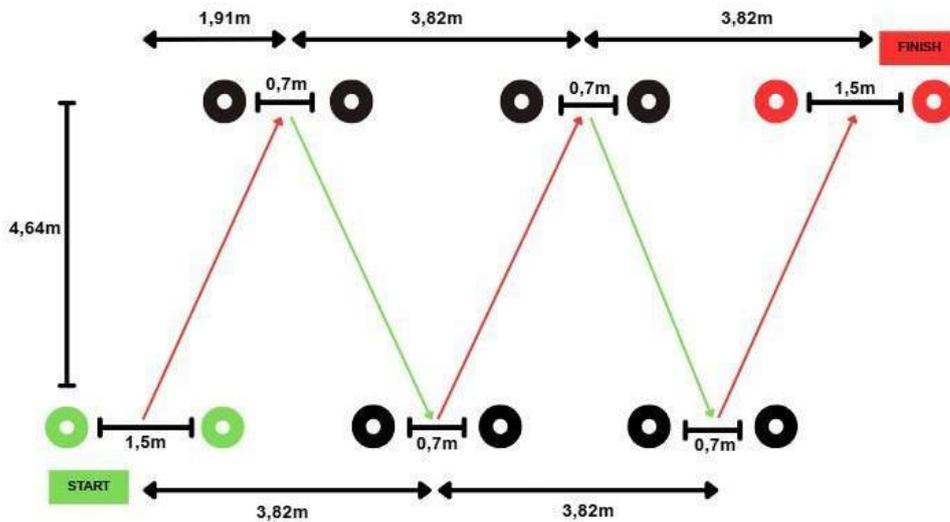


5.2 V-Cut Test

Los jugadores realizan un sprint de 25 metros con 4 cambios de dirección de 45° cada 5 metros. Para que la prueba sea válida, los jugadores deben pasar la línea marcada en el suelo con un pie completamente en cada giro. Si la prueba se considera fallida, se permite un nuevo intento. La distancia entre cada par de conos es de 0,7 metros a excepción del primer y último conjunto de conos, cuya distancia será de 1,5m

Figura 6

V-Cut test



5.3 Diseño

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre la potenciación post-activación (PAP) y su impacto en el rendimiento del cambio de dirección (COD) en futbolistas. Para ello, se lleva a cabo un ensayo controlado aleatorizado (ECA), donde se comparan un grupo experimental con un grupo control.

En el grupo experimental, se realiza una asignación aleatoria de las tareas que deberán llevar a cabo en el primer y segundo día de intervención de cada semana. Unos jugadores realizan un ejercicio de *lunge* y otros que ejecutan un ejercicio de salida abierta, ambos en patea cónica. Por ejemplo, tras la aleatorización de las tareas, unos jugadores siempre ejecutarán la salida abierta el día uno de la semana mientras que el resto tendrán el *lunge*. Luego, en el segundo día, se invierten las tareas. El diseño del estudio implica mediciones de rendimiento pre y post-intervención para evaluar los efectos del entrenamiento excéntrico y determinar cuál de los dos ejercicios genera mayores mejoras en el COD. Además, también será aleatorio el orden de los tests para evitar el posible sesgo de orden.

Para estandarizar las tareas, por un lado, se colocarán marcas visuales en el suelo para mantener las mismas posiciones iniciales tanto en lunge como en salida abierta. En el caso del lunge, se comienza de frente a la polea mientras que en la salida abierta será de lateral a la cónica, ambas con el torso erguido. Por el otro lado, en el día de antropometría y familiarización con los test, también se ajustará la carga de la polea cónica mediante el encoder rotatorio para que coincida con una inercia de $0,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, ya que se encuentra en la franja propuesta por Beato y colaboradores (2019) para alcanzar la PAP con dispositivos inerciales. Además, los jugadores deberán realizar las repeticiones con la mayor velocidad intencional, siguiendo los protocolos de McErlain Naylor y colaboradores (2021). Por último, siempre comenzarán con la pierna dominante.

El protocolo de intervención se desarrolla durante un período de 4 semanas, con dos sesiones de entrenamiento por cada una de ellas, formando un total de 8 sesiones, supervisadas por el equipo de investigación. Además, habrá 48 horas de descanso entre las intervenciones. La asignación aleatoria permite la comparación objetiva entre los dos tipos de ejercicios en cuanto a su eficacia para mejorar la capacidad de cambio de dirección y potenciar la eficiencia mecánica de los movimientos en situaciones reales de juego. El tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el software estadístico (SPSS v.28.0. Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Los datos fueron analizados siguiendo un diseño intrasujeto (within-subject), dado que todos los participantes realizaron ambas condiciones experimentales (salida abierta y lunge) en dos días distintos pero con órdenes aleatorios en los tests.

Inicialmente, se comprobó la normalidad de las variables dependientes mediante la prueba de Shapiro-Wilk, así como la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene, cuando fue pertinente. Para analizar el efecto de los dos ejercicios excéntricos sobre el rendimiento en los dos test de cambio de dirección, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas. En caso de observarse efectos significativos ($p < 0,05$), se realizaron comparaciones post hoc con corrección de Bonferroni para determinar diferencias específicas entre condiciones. Además, se calculó el tamaño del efecto para las comparaciones principales utilizando el estadístico eta parcial cuadrado (η^2_p) para el ANOVA, y

de Cohen para las comparaciones pareadas. Los tamaños del efecto fueron interpretados según los puntos de corte convencionales: pequeño ($d = 0.2$), moderado ($d = 0.5$) y grande ($d \geq 0.8$).

Se reportaron los resultados con medias \pm desviación estándar (DE), y el nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$. Por último, se calculó el tamaño muestral para cada variable anteriormente mencionada con el software G*Power, v3.3.1, asumiendo un error $\alpha = 0,05$, un error $\beta = 0.2$.

5.4 Muestra

La muestra del estudio estará compuesta por 25 jugadores de fútbol de la categoría de 3ª División canaria. La edad media de los deportistas es de 21,92 años, con un rango de edad entre los 18 y 25 años. Los participantes serán seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, es decir, serán futbolistas que pertenezcan al mismo equipo y que cumplan con los criterios de inclusión establecidos.

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Los jugadores deben estar federados en la categoría de 3ª División canaria.
- Deben pertenecer al mismo equipo de fútbol.
- Deben asistir regularmente a los entrenamientos del equipo.
- No deben haber padecido ni estar padeciendo una lesión musculoesquelética en el mes previo a la intervención.

Se excluirán del estudio aquellos jugadores que no completen al menos 6 horas de entrenamiento regular a la semana. (Gonzalo Skok, 2015)

A continuación, se presenta la Tabla 1 con las características antropométricas detalladas de los participantes, incluyendo edad, altura, peso, porcentaje de grasa corporal, masa muscular y envergadura.

Tabla 1
Características Antropométricas De Los Participantes

Jugador	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Grasa Corporal(%)	Masa Muscular (kg)	Envergadura (cm)
Jugador 1	20	175	70	10.5	35.0	176
Jugador 2	22	180	75	12.0	36.0	182
Jugador 3	19	172	68	9.8	34.5	173
Jugador 4	23	185	80	11.2	38.0	187
Jugador 5	21	178	72	10.0	36.5	179
Jugador 6	24	182	77	13.5	37.0	184
Jugador 7	20	170	65	9.0	33.0	171
Jugador 8	25	188	85	14.0	40.0	190
Jugador 9	22	176	71	11.5	35.5	177
Jugador 10	23	181	76	12.8	36.8	183
Jugador 11	19	174	69	10.2	34.0	175
Jugador 12	24	183	78	13.0	37.5	185
Jugador 13	21	177	73	11.0	36.0	178
Jugador 14	22	179	74	12.5	35.8	180
Jugador 15	20	173	67	9.5	33.5	174
Jugador 16	25	186	82	13.8	39.0	188
Jugador 17	23	184	79	12.2	37.8	186
Jugador 18	21	171	66	9.2	32.5	172
Jugador 19	24	187	84	14.5	40.5	189
Jugador 20	22	175	70	10.8	34.8	176
Jugador 21	19	169	64	8.9	32.0	170
Jugador 22	23	182	76	12.3	36.5	184
Jugador 23	20	176	71	11.0	35.0	177
Jugador 24	25	189	86	14.2	41.0	191
Jugador 25	21	180	74	11.8	36	181

5.5 Variables y materiales

La variable dependiente en este estudio es el rendimiento en el cambio de dirección (COD), el cual se evalúa mediante la realización de tests de cambio de dirección específicos. Los tests propuestos para medir esta variable son el *test de 505* y el *V Cut Test*, que son ampliamente utilizados en la investigación deportiva debido a su capacidad para evaluar la agilidad, la velocidad de reacción y la capacidad para realizar cambios de dirección de forma rápida y eficiente. Ambas pruebas son representativas de las demandas del fútbol, ya que simulan situaciones en las que el jugador debe realizar giros rápidos y cambios de trayectoria en poco tiempo, elementos esenciales en el rendimiento en este deporte.

La variable independiente principal es el tipo de ejercicio excéntrico realizado durante el protocolo de entrenamiento. Los participantes son asignados aleatoriamente a uno de dos grupos, cada uno realizando un tipo de ejercicio específico con el objetivo de inducir la potenciación post-activación (PAP) y mejorar el rendimiento en el cambio de dirección. Los dos tipos de ejercicios son el *lunge* y la salida lateral, ambos en polea cónica.

Ambos ejercicios están diseñados para estimular las fibras musculares de tipo II y favorecer la adaptación en el cambio de dirección. No obstante, se diferencian en la técnica, ya que la salida lateral y el *lunge* son movimientos con una biomecánica distinta, a pesar de que se utilizan los mismos grupos musculares. En el *lunge*, la fuerza se aplica de manera vertical, asimilándose a un patrón de carrera lineal. Sin embargo, en la salida lateral, la fuerza se aplica de forma diagonal, simulando un cambio de dirección.

Las variables controladas son factores que podrían influir en los resultados del estudio y que se intentarán mantener constantes a lo largo de la investigación para asegurar que los efectos observados se deban al tipo de ejercicio excéntrico realizado. Estas variables son:

- Edad: la edad de los participantes puede afectar el rendimiento en el cambio de dirección debido a factores como la capacidad de recuperación, la

elasticidad muscular y la agilidad. Por lo tanto, se controla para asegurar que los resultados no se vean influenciados por diferencias en la edad entre los participantes.

- Nivel de entrenamiento previo: la experiencia y el nivel de condición física de los jugadores pueden influir en su capacidad para realizar cambios de dirección. Es importante controlar este factor para asegurarse de que cualquier diferencia en el rendimiento se debe a la intervención y no a un nivel de entrenamiento desigual entre los participantes.
- Experiencia en deportes de equipo: la experiencia en deportes de equipo, especialmente en fútbol, también puede influir en la capacidad de los jugadores para ejecutar cambios de dirección de manera eficiente. Se controla para asegurar que los participantes en el estudio tengan un nivel de experiencia similar en este tipo de deportes, minimizando así su impacto en los resultados.

Los materiales utilizados son:

Polea cónica PROCAMI (Iberian Sport Tech): este dispositivo se utiliza para realizar los ejercicios de salida abierta, que forman parte del protocolo de entrenamiento excéntrico. La polea cónica PROCAMI está diseñada para generar una resistencia variable, lo que permite ajustar la carga en función del movimiento del deportista, optimizando el trabajo excéntrico y favoreciendo el efecto de potenciación post-activación (PAP) en los músculos involucrados en el cambio de dirección.

Es un avanzado sistema de entrenamiento diseñado para optimizar el rendimiento deportivo y facilitar procesos de rehabilitación. Este dispositivo funciona mediante un sistema de polea cónica que ajusta la resistencia en función del movimiento realizado y de las masas que se coloquen en la polea. El principio de funcionamiento consiste en una cuerda que se enrolla sobre un eje cónico: en la fase concéntrica, la cuerda se desenrolla, y en la fase excéntrica, se rebobina, proporcionando una resistencia progresiva.

La polea PROCAMI presenta entre sus principales características la capacidad de configurar hasta 16 niveles de inercia, lo que proporciona un amplio rango de resistencia adaptable a diversos requerimientos de entrenamiento. Asimismo, cuenta con un sistema de ajuste de ejes que permite regular la velocidad y el tiempo de aplicación de fuerza sobre el cono mediante cuatro posiciones diferentes. El dispositivo incluye accesorios complementarios, tales como dos poleas, un mosquetón y un bloqueador de cuerda tipo Ropeman. Su construcción emplea materiales de alta resistencia, garantizando durabilidad incluso en condiciones de uso intensivo. En cuanto a funcionalidades avanzadas, la polea es compatible con sistemas de medición como Smartcoach y Chronojump, facilitando el registro y análisis de variables cinéticas (velocidad, potencia y fuerza).

Encoder rotatorio (Chronojump): este dispositivo se emplea para medir la velocidad y la potencia en las fases del movimiento durante los ejercicios de entrenamiento y las pruebas de rendimiento. El encoder rotatorio es una herramienta precisa que permite cuantificar la velocidad de los movimientos y la potencia generada, proporcionando datos objetivos que son fundamentales para evaluar el impacto de los ejercicios en el rendimiento del cambio de dirección.

Es un dispositivo especializado que permite medir con precisión el ángulo de rotación de un eje, proporcionando datos esenciales para la evaluación de máquinas inerciales. Este encoder es particularmente útil para aquellos entrenamientos que requieren un análisis detallado de variables como la velocidad, la fuerza y la potencia. El dispositivo es completamente compatible con el software Chronojump, permitiendo así la recopilación y análisis de datos en tiempo real.

El encoder rotatorio de eje está diseñado para integrarse fácilmente en sistemas inerciales. El dispositivo tiene un peso aproximado de 2,5 kg, lo que lo convierte en un equipo ligero pero robusto, ideal para su uso en entornos deportivos y de rehabilitación.

Conos y marcadores: se utilizan para establecer los puntos de referencia durante la realización de los tests de COD. Los conos y marcadores permiten

demarcar de forma precisa las trayectorias que los participantes deben seguir, asegurando la estandarización de las condiciones en cada prueba y facilitando la replicabilidad de los movimientos evaluados.

Medición con fotocélulas (Vald Performance): este material se utiliza para registrar el tiempo de ejecución del cambio de dirección durante las pruebas de COD. Las fotocélulas proporcionan una medición precisa y objetiva del tiempo que tarda el deportista en completar el recorrido, lo que es esencial para evaluar el rendimiento en términos de velocidad y eficiencia en el cambio de dirección.

5.6 Procedimiento

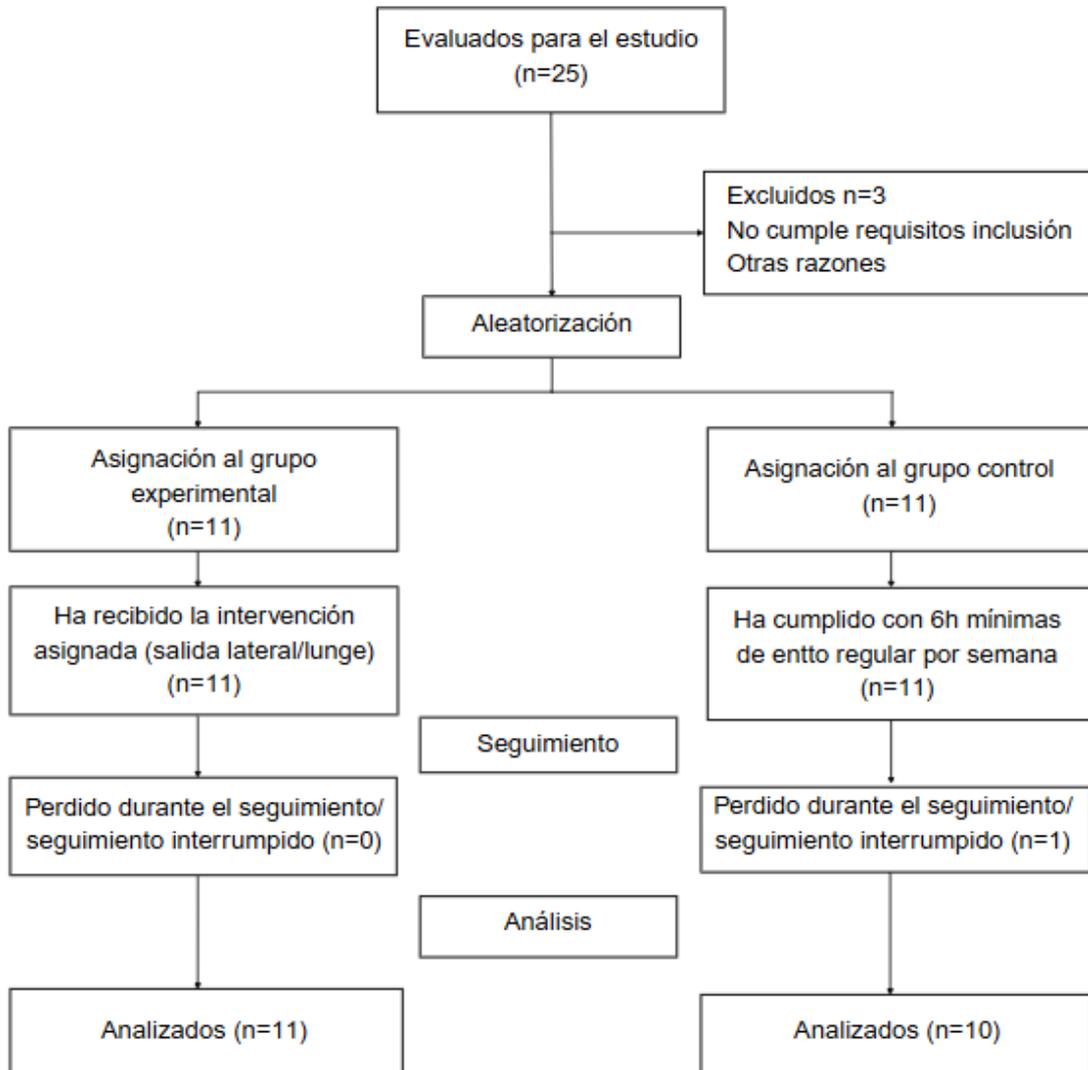
Antes del inicio de cada sesión experimental, todos los participantes realizaron un control mediante un cuestionario previo para conocer su estado de nutrición e hidratación y evitar el consumo de productos con cafeína, sustancias ergogénicas o fármacos que puedan suponer un aumento del rendimiento en las pruebas. Posteriormente se realiza un protocolo de activación neuromuscular estandarizado con el objetivo de preparar al organismo para las demandas físicas de los ejercicios excéntricos y los test de cambio de dirección. La activación tuvo una duración aproximada de 10 minutos e incluyó:

- 5 minutos de carrera continua de baja intensidad.
- Ejercicios de movilidad articular dinámica.
- 2 repeticiones submáximas de cada uno de los ejercicios excéntricos correspondientes a la sesión, con una intensidad progresiva.

Este protocolo fue idéntico en ambas sesiones experimentales con el fin de garantizar la estandarización de las condiciones de partida antes de la realización de los procedimientos principales.

Figura 7

Diagrama de participación



5.7 Variables. Frecuencia y toma de datos

Siguiendo planteamientos como el elaborado por Núñez y colaboradores (2025), las mediciones se realizan el primer día de entrenamiento de la semana, separadas, al menos, 48 horas del partido que lo precede y siempre a la misma hora.

La toma de datos se realiza, para el grupo experimental, de la siguiente manera:

- Activación

Periodo de descanso de 2 minutos.

- Realización, en orden aleatorio, de los test *VCut* y *5-10-5*, con 2 minutos de descanso entre la realización de un test y otro.

Periodo de descanso de 2 minutos.

- Intervención de lunge o salida abierta según asignación aleatoria. Solo una por día.

Periodo de descanso de 2 minutos.

- Realización, en orden aleatorio, de los test *VCut* y *5-10-5*, con 2 minutos de descanso entre la realización de un test y otro.

En la intervención, se realizan 6 repeticiones por pierna, tanto en la salida lateral como en el lunge, con la polea cónica y con la premisa de que se ejecuten a la máxima velocidad intencional en la fase concéntrica y de forma controlada en la excéntrica, siguiendo el protocolo de McErlain Naylor y colaboradores (2021). Además, el cono se ajustará para que ejerza una inercia de 0,7 kg·m² para que se encuentre en la franja adecuada para que se produzca la PAP con el dispositivo inercial, según Beato y colaboradores (2019). Finalmente, siempre se comienza con la pierna dominante y deben mantenerse los más cercanos posibles a las marcas señaladas en el suelo para estandarizar las tareas.

Figura 8

Representación esquemática del procedimiento del estudio

Sesión de familiarización		Sesión experimental										
Antropometría	1 SEMANA	Activación: 5' carrera continua	2' REC	TEST 1	2' REC	TEST 2	2' REC	Intervención: 6 reps lunge salida lateral Se descartan las 2 primeras	2' REC	TEST 1	2' REC	TEST 2
Consentimientos informados		Estiramientos										
Anamnesis		2 reps lunge/salida abierta										
Familiarización con los tests												
Ajuste de la carga												

5.8 Análisis de datos

Inicialmente, se comprobó la normalidad de las variables dependientes mediante la prueba de Shapiro-Wilk, así como la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene, cuando fue pertinente.

Para analizar el efecto de los dos ejercicios excéntricos sobre el rendimiento en los dos test de cambio de dirección, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas.

En caso de observarse efectos significativos ($p < 0,05$), se realizaron comparaciones post hoc con corrección de Bonferroni para determinar diferencias específicas entre condiciones.

Además, se calculó el tamaño del efecto para las comparaciones principales utilizando el estadístico eta parcial cuadrado (η^2p) para el ANOVA, y d de Cohen para las comparaciones pareadas. Los tamaños del efecto fueron interpretados según los puntos de corte convencionales: pequeño ($d = 0.2$), moderado ($d = 0.5$) y grande ($d \geq 0.8$).

Se reportaron los resultados con medias \pm desviación estándar (DE), y el nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

Por último, se calculó el tamaño muestral para cada variable anteriormente mencionada con el software G*Power, v3.3.1, asumiendo un error $\alpha = 0,05$, un error $\beta = 0.2$.

5.9 Equipo investigador

- Kevin Cruz Betancort., Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y Profesor de la Universidad Europea de Canarias.
- Pedro José Álvarez Estrada. Estudiante de cuarto curso del grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

- David Rodríguez Toledo. Estudiante de cuarto curso del grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Entrenador Profesional de Fútbol por la Real Federación Española de Fútbol (RFEF).

6. Viabilidad del estudio

La viabilidad de este estudio se sustenta en un análisis detallado de diversos factores que aseguran su correcta implementación y la obtención de resultados válidos y relevantes para el ámbito del rendimiento deportivo en fútbol. A continuación, se abordan los aspectos relacionados con la accesibilidad de la muestra, la disponibilidad de recursos materiales, la capacitación del equipo investigador, la integración del protocolo en el contexto deportivo, la gestión de riesgos y el control de calidad, así como los elementos que refuerzan la practicidad del proyecto.

La investigación involucra a 25 jugadores de fútbol federados en la categoría de 3ª División canaria, todos pertenecientes al mismo equipo. Este grupo ha sido seleccionado por su nivel competitivo y su compromiso con el entrenamiento regular, lo que proporciona una muestra homogénea y adecuada para evaluar los efectos del entrenamiento excéntrico en la potenciación post-activación (PAP) y el rendimiento en el cambio de dirección (COD). Además, una de las ventajas en cuanto a la accesibilidad de contar con este equipo radica en que uno de los investigadores es el propio entrenador, por lo que se puede realizar la propuesta de intervención sin necesidad de la involucración de intermediarios.

En cuanto al seguimiento del protocolo, se utilizará la asistencia como factor clave. Los jugadores deberán acudir a los entrenamientos del equipo, junto con la supervisión directa del equipo investigador, lo que permite un monitoreo continuo del cumplimiento del protocolo. Además, se ha establecido un criterio de exclusión que elimina del análisis a aquellos deportistas que no completen al menos el 85% de las sesiones programadas, garantizando así la consistencia y la calidad de los datos recopilados.

El estudio empleará una polea cónica PROCAMI, desarrollada por Iberian Sport Tech, y un encoder rotatorio de Chronojump. La polea cónica permite aplicar un estímulo excéntrico controlado, mientras que el encoder rotatorio registra variables cinéticas como velocidad, potencia y fuerza, esenciales para evaluar el impacto del protocolo en el rendimiento. Ambos dispositivos están disponibles y

son accesibles para el equipo investigador, ya que forman parte del equipamiento de los investigadores, ya que son utilizados en entornos de entrenamiento de alto rendimiento. Su integración en las sesiones no supone limitaciones logísticas significativas, debido a que la PROCAMI es portátil y el encoder es un dispositivo de pequeño tamaño que va asociado a la propia polea, lo que asegura la continuidad y facilidad de llevar a cabo el estudio. La polea cónica PROCAMI ofrece un ajuste de las resistencias, optimizando el estímulo excéntrico, mientras que el encoder rotatorio proporciona mediciones precisas y en tiempo real. Estas herramientas aseguran una recopilación de datos estandarizada y objetiva, fortaleciendo la validez de los resultados obtenidos.

Las sesiones están a cargo de un equipo de investigadores con el título de graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con formación en preparación física y experiencia en el entrenamiento de fuerza aplicado a deportes de equipo, particularmente en fútbol. Además, cuentan con conocimientos previos en la aplicación de protocolos de entrenamiento excéntrico y en el manejo de dispositivos inerciales como la polea cónica y el encoder rotatorio. Esta experiencia asegura una ejecución adecuada de las intervenciones y un uso eficiente de los equipos. La capacitación del equipo investigador garantiza la seguridad de los participantes durante las sesiones y la precisión en la recogida de datos, minimizando posibles errores metodológicos que pudieran afectar la fiabilidad de los resultados. Asimismo, dicha formación permite que los investigadores enseñen a los deportistas en la correcta ejecución de las tareas a nivel biomecánico y el uso de la polea cónica para asegurar que se consigue de manera adecuada el estímulo excéntrico durante las intervenciones.

Una de las ventajas de la propuesta de estudio, es que el protocolo se ha diseñado para encajar en el calendario de entrenamientos del equipo, con dos sesiones semanales a lo largo de 4 semanas. Esta planificación respeta la carga de trabajo habitual de los jugadores, evitando conflictos con las demandas competitivas del equipo. Por lo tanto, el protocolo es plenamente compatible con la rutina de los futbolistas, ya que las sesiones se programan en días que no coincidan con partidos ni entrenamientos de alta intensidad. Esto permite una

recuperación adecuada y reduce el riesgo de fatiga excesiva o sobreentrenamiento.

A pesar de que se considera que la intervención no tendrá un impacto significativo sobre la fatiga de los deportistas, se han definido criterios de inclusión que excluyen a jugadores con lesiones musculoesqueléticas en los últimos seis meses para intentar que no sean sometidos a una carga extra que pueda suponer un aumento del riesgo lesional. Asimismo, las dos primeras sesiones se dedicarán a la familiarización con los ejercicios y el equipo, disminuyendo el riesgo de lesiones derivadas de una técnica inadecuada.

Relacionado con el apartado anterior, el cumplimiento de los criterios de inclusión se verificará mediante la supervisión directa del equipo investigador y el registro de asistencia a las sesiones. Los jugadores que no alcancen el 85% de participación serán excluidos del análisis, asegurando la integridad de la muestra.

Para que el estudio sea preciso y fiable, la calidad metodológica se sustentará en la aleatorización de los participantes en los grupos experimentales, la estandarización de los procedimientos de medición y el uso de tests validados como el V Cut Test y el 505 Test. Estas evaluaciones cuentan con la ventaja de que en el plano logístico son accesibles, debido a que no requieren de materiales costosos ni de grandes espacios para que sean implementados. Además, la precisión de las mediciones obtenidas con el encoder rotatorio contribuye a la veracidad de los datos.

La realización de este estudio es realista gracias a la accesibilidad de la muestra, la disponibilidad de los recursos tecnológicos necesarios y la experiencia del equipo investigador. Estos elementos, combinados con un diseño adaptado al contexto deportivo, minimizan las barreras para su ejecución. Además, entre las fortalezas logísticas se encuentra la concentración geográfica de los participantes y la disponibilidad inmediata de los dispositivos de entrenamiento y medición. Desde el punto de vista del diseño, la aleatorización de los grupos y el control de variables como la experiencia previa en entrenamiento de fuerza refuerzan la robustez metodológica del estudio.

Por otro lado, esta propuesta de estudio presenta una serie de limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados y que podrían condicionar su aplicación o generalización, como por ejemplo, el tamaño de muestra reducido y no probabilístico.

La muestra está compuesta por 25 jugadores de un único equipo de 3ª División de fútbol en Canarias, seleccionados por conveniencia. Este tamaño limitado y la falta de aleatorización estratificada restringen la representatividad de los resultados, dificultando su extrapolación a otros contextos, como diferentes niveles competitivos, géneros, edades o deportes. Además, la ausencia de un muestreo probabilístico podría introducir sesgos en los datos obtenidos.

También podría ser un limitante las propias tareas de lunge y de salida abierta ya que son ejercicios complejos que presentan dificultades para ser estandarizados por sus características en la ejecución de cada uno de ellos. A pesar de que se intenta facilitar la normalización de ambos con marcas y guías en el suelo, difícilmente se conseguirán patrones de movimiento exactamente iguales como consecuencia de las particularidades de cada deportista y por el carácter abierto que representan tanto al lunge como a la salida.

Además, aunque se procuró integrar el protocolo en el calendario de entrenamientos, la fatiga acumulada por sesiones previas o partidos podría influir en los resultados. La falta de un control exhaustivo de la carga total semanal representa una limitación para garantizar la validez interna del estudio.

Se debe tener en cuenta que todos los participantes realizaron ambos ejercicios, pero no se controlaron variables como la lateralidad, la técnica individual o los patrones de movimiento previos. Estas diferencias podrían haber afectado la respuesta al estímulo PAP, introduciendo variabilidad no controlada en los resultados.

Aunque se menciona brevemente la percepción de fatiga, el estudio no incorpora herramientas estandarizadas como cuestionarios de esfuerzo percibido (RPE), escalas de dolor muscular (DOMS) o parámetros fisiológicos (frecuencia

cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, etc.). Esta omisión limita el análisis de la tolerancia y los efectos del protocolo en los jugadores.

Estas limitaciones reflejan las dificultades inherentes a un estudio aplicado en un contexto real, pero no invalidan los resultados obtenidos. Futuras investigaciones podrían abordar estas cuestiones ampliando la muestra, incorporando grupos control y evaluando la transferencia al rendimiento competitivo.

7. Relación de la propuesta de estudio con un ODS

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 3 de la Agenda 2030, “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”, encuentra en el ámbito del deporte una vía directa de aplicación a través de estrategias que favorezcan un rendimiento físico eficiente, seguro y científicamente respaldado. En este sentido, la potenciación post-activación (PAP) se presenta como un fenómeno fisiológico con importantes implicaciones tanto en el rendimiento como en la salud de los deportistas.

La PAP, entendida como una mejora aguda del rendimiento neuromuscular tras una contracción previa de alta intensidad, produce efectos beneficiosos sobre parámetros esenciales como la fuerza máxima, la tasa de desarrollo de fuerza (RFD) y la activación neural (Sale, 2002; Heckman y Enoka, 2012). Este fenómeno permite optimizar acciones explosivas como el salto, el sprint o el cambio de dirección, tan frecuentes en deportes de situación como el fútbol o el baloncesto (Bergh y Ekblom, 1979; Dos Santos et al., 2019).

A nivel preventivo, la PAP contribuye al aumento de la eficiencia del movimiento, lo que se traduce en una mejora de la mecánica de ejecución y, por tanto, una menor exposición a gestos técnicos defectuosos que puedan derivar en lesiones. Según diversos autores, la mejora de la rigidez musculotendinosa, la sensibilidad al calcio y el reclutamiento de fibras rápidas inducidas por la PAP refuerzan las estructuras implicadas en la estabilización articular, favoreciendo una mayor protección frente a la fatiga y los impactos repetitivos (Josephson y Edman, 1998; Vandenboom et al., 1993).

Además, el incremento de la temperatura intramuscular derivado de los ejercicios que inducen PAP está asociado a un aumento de la velocidad de contracción y a un menor riesgo de lesiones musculares, especialmente en las fases iniciales del esfuerzo (Ranatunga, 1982; Stein et al., 1982). Este componente térmico, unido al estímulo neuromuscular voluntario, no solo mejora la capacidad de respuesta del deportista, sino que también optimiza la preparación física previa al entrenamiento o la competición.

Desde un enfoque sostenible, el conocimiento y la aplicación de la PAP, especialmente en acciones propias del rendimiento deportivo como el cambio de dirección, permiten optimizar la preparación física sin comprometer la salud del deportista. En el contexto de este trabajo, centrado en deportes de alta exigencia neuromuscular como el fútbol, la PAP se presenta como una herramienta eficaz para potenciar gestos explosivos con un bajo coste fisiológico, lo que refuerza su valor tanto en el rendimiento como en la prevención. La mejora de la eficiencia mecánica derivada de la PAP no solo incrementa la calidad del movimiento, sino que reduce el estrés sobre las articulaciones y tejidos, disminuyendo el riesgo de lesión.

8. Conclusiones

El presente Trabajo Fin de Titulación se ha desarrollado con el propósito de analizar, a través de un diseño experimental tipo Ensayo Controlado Aleatorizado, los efectos de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre la potenciación post activación (PAP) y su influencia en el rendimiento en el cambio de dirección (COD) en jugadores de fútbol. La propuesta metodológica parte del principio de que el trabajo excéntrico, aplicado mediante polea cónica, puede inducir adaptaciones agudas capaces de optimizar el rendimiento en gestos deportivos de alta exigencia neuromuscular, como los cambios de dirección.

El estudio plantea una comparación entre dos ejercicios (*lunge* y salida abierta), ambos ejecutados en máquina inercial, con el objetivo de determinar su capacidad para generar PAP y favorecer una mejora funcional del COD. Esta comparación se fundamenta en la correspondencia dinámica entre el gesto utilizado como estímulo y la acción deportiva específica, siguiendo criterios biomecánicos, condicionales y neuromusculares. Asimismo, se ha considerado la importancia de una correcta dosificación, individualización y familiarización con los ejercicios, así como el control de variables como la experiencia previa, la fatiga y la especificidad del test.

El análisis del cambio de dirección de 180° resulta especialmente relevante al tratarse de una acción determinante en momentos de transición como los repliegues o los cambios defensa-ataque, especialmente en jugadores defensores y laterales, quienes realizan un mayor número de COD por partido (Pillitteri et al., 2023). A pesar de su menor frecuencia respecto a ángulos menores, el COD180 presenta mayores exigencias biomecánicas y condicionales, como una desaceleración total, fuerzas de frenado elevadas y tiempos de contacto prolongados (Dos Santos et al., 2017; Havens y Sigward, 2015). Por ello, su inclusión en este estudio aporta una perspectiva funcional clave sobre el impacto de la PAP en gestos de alta relevancia táctica y riesgo lesional.

Este trabajo se enmarca dentro de una línea de investigación emergente que busca integrar el entrenamiento excéntrico y la PAP en contextos deportivos reales,

como el fútbol, en los que el cambio de dirección constituye una acción determinante tanto en tareas ofensivas como defensivas. A través del uso de herramientas como la polea cónica y el encoder rotatorio, se ha diseñado una intervención rigurosa, contextualizada y factible, que pretende aportar evidencia sobre el impacto de este tipo de estímulos sobre el rendimiento agudo.

Aunque el presente documento no incluye resultados experimentales, la estructura metodológica propuesta y la fundamentación teórica ofrecen una base sólida para futuras investigaciones que deseen explorar la transferencia real de la PAP inducida por ejercicios excéntricos al rendimiento deportivo específico. Además, contribuye al avance del conocimiento aplicado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, orientando nuevas estrategias de intervención basadas en la optimización de la fuerza, la potencia y la eficiencia mecánica de los gestos deportivos.

9. Referencias bibliográficas

- Alamo, L., Li, X., Espinoza-Fonseca, L. M., Pinto, A., Thomas, D. D., Lehman, W., & Padrón, R. (2015). Tarantula myosin free head regulatory light chain phosphorylation stiffens N-terminal extension, releasing it and blocking its docking back. *Molecular BioSystems*, 11(8), 2180–2189. <https://doi.org/10.1039/c5mb00163c>
- Babault, N., Maffiuletti, N. A., & Pousson, M. (2008). Postactivation potentiation in human knee extensors during dynamic passive movements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(4), 735–743. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318160ba54>
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: Effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1394–1401. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01254.2006>
- Beato, M., de Keijzer, K. L., Leskauskas, Z., Allen, W. J., dello Iacono, A., & McErlain-Naylor, S. A. (2021). Effect of postactivation potentiation after medium vs. high inertia eccentric overload exercise on standing long jump, countermovement jump, and change of direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003214>
- Beato, M., Stiff, A., & Coratella, G. (2021). EFFECTS of POSTACTIVATION POTENTIATION after AN ECCENTRIC OVERLOAD BOUT on COUNTERMOVEMENT JUMP and LOWER-LIMB MUSCLE STRENGTH. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003005>
- Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. In *Acta Physiol Scand* (Vol. 107).

- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1).
- Bourgeois, F. A. (2017). Physical characteristics and performance in change of direction tasks: A brief review and training considerations. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 25(5).
- Brito, R., Alamo, L., Lundberg, U., Guerrero, J. R., Pinto, A., Sulbarán, G., Gawinowicz, M. A., Craig, R., & Padrón, R. (2011). A molecular model of phosphorylation-based activation and potentiation of tarantula muscle thick filaments. *Journal of Molecular Biology*, 414(1), 44–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2011.09.017>
- Caldbeck, P. M. (2020). Contextual Sprinting in Football. *DSportExSci Thesis, John Moores University*.
- Chena, M. (2018). MODELO FUNCIONAL ESTRUCTURADO PARA EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN EL JUGADOR DE FÚTBOL. *Revista de Preparación Física En El Fútbol*.
- Ciocca, G., Tschan, H., & Tessitore, A. (2021). Effects of Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) Induced by a Plyometric Protocol on Deceleration Performance. *Journal of Human Kinetics*, 80(1). <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-008>
- Coratella, G., Bellin, G., Beato, M., & Schena, F. (2015). Fatigue affects peak joint torque angle in hamstrings but not in quadriceps. *Journal of Sports Sciences*, 33(12). <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986185>

- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Medicine*, 41(2).
<https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- de Hoyo, M., de La Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., & Gonzalo-Skok, O. (2015). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(4).
<https://doi.org/10.1055/s-0034-139552>
- S., Fernandes, O., del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14).
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>
- dello Iacono, A., Martone, D., & Padulo, J. (2016). Acute Effects of Drop-Jump Protocols on Explosive Performances of Elite Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11).
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001393>
- dello Iacono, A., Padulo, J., & Seitz, L. D. (2018). Loaded hip thrust-based PAP protocol effects on acceleration and sprint performance of handball players: Original Investigation. *Journal of Sports Sciences*, 36(11).
<https://doi.org/10.1080/02640414.2017.13746>
- Dempsey, A. R., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., Steele, J. R., Munro, B. J., & Russo, K. A. (2007). The effect of technique change on knee loads during sidestep cutting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10).
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31812f56d1>
- Dos'Santos, T., McBurnie, A., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). Biomechanical Comparison of Cutting Techniques: A Review and Practical Applications. In *Strength and Conditioning Journal* (Vol. 41, Issue 4).
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000046>

- Dos'Santos, T., Mcburnie, A., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2020). Biomechanical Determinants of the Modified and Traditional 505 Change of Direction Speed Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5).
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003439>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). The Effect of Angle and Velocity on Change of Direction Biomechanics: An Angle-Velocity Trade-Off. In *Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 10).
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0968-3>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). Role of the penultimate foot contact during change of direction: Implications on performance and risk of injury. *Strength and Conditioning Journal*, 41(1).
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000395>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2017). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction Speed Performance in Male Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3).
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001535>
- Dos'santos, T., Thomas, C., McBurnie, A., Comfort, P., & Jones, P. A. (2021). Change of direction speed and technique modification training improves 180° turning performance, kinetics, and kinematics. *Sports*, 9(6).
<https://doi.org/10.3390/sports9060073>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 5, pp. 917–941). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0628-4>
- Dudley, G. A., Tesch, P. A., Harris, R. T., Golden, C. L., & Buchanan, P. (1991). Influence of eccentric actions on the metabolic cost of resistance exercise. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 62(7).

- Edman, K. A. P., & Josephson, R. K. (2007). Determinants of force rise time during isometric contraction of frog muscle fibres. *Journal of Physiology*, *580*(3), 1007–1019. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.119982>
- Elmubarak, M. H., & Ranatunga, K. W. (n.d.). *TEMPERATURE SENSITIVITY OF TENSION DEVELOPMENT IN A FAST-TWITCH MUSCLE OF THE RAT.*
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., & Zourdos, M. C. (2018). Analysis of factors related to back squat concentric velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(9). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002295>
- Fang, Y., Siemionow, V., Sahgal, V., Xiong, F., & Yue, G. H. (2001). Greater movement-related cortical potential during human eccentric versus concentric muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, *86*(4). <https://doi.org/10.1152/jn.2001.86.4.1764>
- Farthing, J. P., & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(6). <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0842-2>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, *30*(7). <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Fernandez-Gonzalo, R., Bresciani, G., de Souza-Teixeira, F., Hernandez-Murua, J. A., Jimenez-Jimenez, R., Gonzalez-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2011). Effects of a 4-week eccentric training program on the repeated bout effect in young active women. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(4).
- Franchi, M. v., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R. M., & Narici, M. v. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica*, *210*(3). <https://doi.org/10.1111/apha.12225>

- García-López, D., Cuevas, M. J., Almar, M., Lima, E., de Paz, J. A., & González-Gallego, J. (2007). Effects of eccentric exercise on NF-κB activation in blood mononuclear cells. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 39, Issue 4). <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802f04f6>
- Gardetto, P. R., Schluter, J. M., & Fitts, R. H. (1989). Contractile function of single muscle fibers after hindlimb suspension. In *J. Appl. Physiol* (Vol. 66, Issue 6). www.physiology.org/journal/jappl
- Godwin, M. S., Fearnett, T., & Newman, M. A. (2021). The potentiating response to accentuated eccentric loading in professional football players. *Sports*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/sports9120160>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut Test for Young Basketball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11). <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554635>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, V., Arjol-Serrano, J. L., Moras, G., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-overload training in team-sport functional performance: Constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7). <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0251>
- Granero-Gil, P., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Rojas-Valverde, D., de La Cruz, E., & Pino-Ortega, J. (2020). Influence of playing position and laterality in centripetal force and changes of direction in elite soccer players. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232123>
- Hader, K., Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology*, 47(1).
- Hamada, T., Sale, D. G., Macdougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). *Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles*. <http://www.jap.org>

- Harman, E., Garhammer, J., & Pandorf, C. (2000). Administration, scoring, and interpretation of selected tests. En T. R. Baechle & R. W. Earle (Eds.), *Essentials of strength and conditioning* (pp.287-317). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Havens, K. L., & Sigward, S. M. (2015). Whole body mechanics differ among running and cutting maneuvers in skilled athletes. *Gait and Posture*, 42(3). <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.07.022>
- Heckman, C. J., & Enoka, R. M. (2012). Motor unit. *Comprehensive Physiology*, 2(4), 2629–2682. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100087>
- Hernández Abad, F. (2021). Variable Resistance Training Methods. *Lecture notes in Bioengineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7_8
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, 81(5). <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.5.2173>
- Hollander, D. B., Kraemer, R. R., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. v., Francois, M., Hebert, E. P., & Tryniecki, J. L. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1). <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00007>
- Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (n.d.). *EFFECTS OF DYNAMIC AND STATIC STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY*. www.nscj-scr.org
- Jones, P. A., Dos'Santos, T., McMahon, J. J., & Graham-Smith, P. (2022). Contribution of Eccentric Strength to Cutting Performance in Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003433>

Jones, P. A., Thomas, C., Dos'santos, T., McMahon, J. J., & Graham-Smith, P. (2017). The role of eccentric strength in 180° turns in female soccer players. *Sports*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/sports5020042>

JOSEPH M. METZGER AND RICHARD L. Moss. (n.d.). *metzger1990*.

Draper, J. A., & Lancaster, M. G. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. In *Australian Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 17, Issue 1).

Levine, R. J. C., Kensler, R. W., Yang, Z., Stull, J. T., & Sweeney, H. L. (1996). Myosin light chain phosphorylation affects the structure of rabbit skeletal muscle thick filaments. *Biophysical Journal*, 71(2), 898–907. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(96\)79293-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(96)79293-7)

Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. In *European Journal of Applied Physiology* (Vol. 116, Issue 6). <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>

Maniar, N., Schache, A. G., Sritharan, P., & Opar, D. A. (2018). Non-knee-spanning muscles contribute to tibiofemoral shear as well as valgus and rotational joint reaction moments during unanticipated sidestep cutting. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19098-9>

Manning, D. R., & Stull, J. T. (1979). MYOSIN LIGHT CHAIN PHOSPHORYLATION AND PHOSPHORYLASE A ACTIVITY IN RAT EXTENSOR DIGITORUM LONGUS MUSCLE. In *BIOCHEMICAL AND BIOPHYSICAL RESEARCH COMMUNICATIONS September* (Vol. 90, Issue 1).

Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10). <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>

- McErlain Naylor, S. A., & Beato, M. (2021). Post Flywheel Squat Potentiation of Vertical and Horizontal Ground Reaction Force Parameters during Jumps and Changes of Direction. *Sports*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/sports9010005>
- Meylan, C. M. P., Nosaka, K., Green, J. P., & Cronin, J. B. (2010). Variability and influence of eccentric kinematics on unilateral vertical, horizontal, and lateral countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ae7961>
- Moore, R. L., Stull, J. T., & STULL Myosin, J. T. (1984). *Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ*. www.physiology.org/journal/ajpcell
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5). <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- Núñez González, J., Gonzalo Skok, O., García, M., Hernández Abad, F., Núñez, F.J. (2025). Effects of Sidestep Exercise with Elastic Bands on Multidirectional Speed Abilities and Navicular Drop in Young Male Football Players: A Randomized Cross-Over Trial. *Applied Sciences* (Vol. 15). [https://www.mdpi.com/2076-3417/15/6/2892#:~:text=The%20sidestep%20exercise%20with%20elastic,t est%20\(r%20%3D%20%E2%88%920.23%20to](https://www.mdpi.com/2076-3417/15/6/2892#:~:text=The%20sidestep%20exercise%20with%20elastic,t est%20(r%20%3D%20%E2%88%920.23%20to)
- Nygaard Falch, H., Guldteig Rædergård, H., & van den Tillaar, R. (2019). Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability: a Systematic Review and Meta-analysis. In *Sports Medicine - Open* (Vol. 5, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0223-y>
- Orjalo, A. J., Lockie, R. G., Balfany, K., & Callaghan, S. J. (2020). The effects of lateral bounds on post-activation potentiation of change-of-direction speed measured by the 505 test in college-aged men and women. *Sports*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/sports8050071>

- Pillitteri, G., Clemente, F. M., Petrucci, M., Rossi, A., Bellafiore, M., Bianco, A., Palma, A., & Battaglia, G. (2023). Toward a New Conceptual Approach to “Intensity” in Soccer Player’s Monitoring: A Narrative Review. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 37, Issue 9).
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004503>
- R. K. Josephson and K. A. P. Edman. (1998). Changes in the maximum speed of shortening of frog muscle fibres early in a tetanic contraction and during relaxation. *Journal of Physiology*.
- Ranatunga, K. W. (1982). TEMPERATURE-DEPENDENCE OF SHORTENING VELOCITY AND RATE OF ISOMETRIC TENSION DEVELOPMENT IN RAT SKELETAL MUSCLE. In *J. Phy8iol* (Vol. 329).
- Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Rísquez Bretones, A., & Sáez de Villarreal, E. (2017). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16 (Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer. *Retos*, 33.
<https://doi.org/10.47197/retos.v0i33.53547>
- Represas Lobeto, G. (2015). Adaptación aguda al principio de pre-activación de la potencia muscular (PPA) en deportistas en mujeres integrantes del equipo nacional de futbol de Argentina. Tesis doctoral. *Universidad de Castilla La Mancha*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=73147>
- S. L. Lindstedt, P. C. L. and T. E. R. (2001). *When Active Muscles Lengthen: Properties and Consequences of Eccentric Contractions*.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., & Pereyra-Gerber, G. T. (2018). Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4).
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0282>
- Sale, D. G. (2002). Postactivation Potentiation: Role in Human Performance. In *Exerc. Sport Sci. Rev* (Vol. 30, Issue 3). www.acsm-essr.org

- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: Systematic Review with Meta-Analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 44, Issue 12). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0227-1>
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Dal Maso, F., Haff, G. G., Blazevich, A. J., & Dal, F. (n.d.). Title page Post-activation potentiation during voluntary contractions after continued knee extensor task-specific practice. In *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* www.nrcresearchpress.com
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015a). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Stein, R. B., Gordon, T., & Shriver, J. (n.d.). *TEMPERATURE DEPENDENCE OF MAMMALIAN MUSCLE CONTRACTIONS AND ATPASE ACTIVITIES.*
- Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Ramsey, M. W., & Haff, G. G. (2008). Power and Power Potentiation Among Strength-Power Athletes: Preliminary Study. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 3).
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. In *Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 10). <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Sweeting, A. J., Aughey, R. J., Cormack, S. J., & Morgan, S. (2017). Discovering frequently recurring movement sequences in team-sport athlete spatiotemporal data. *Journal of Sports Sciences*, 35(24). <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1273536>

- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(2), 147–166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Toprak, T., Bakici, D., Kaymakçi, A. T., & Gelen, E. (2022). Effects of Static and Dynamic Post-Activation Potentiation Protocols on Change of Direction Performance in Adolescent Soccer Players. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 62(2). <https://doi.org/10.2478/afepuc-2022-0009>
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0010>
- Vandenboom, R., Grange, R. W., & Houston, M. E. (1993). *Threshold for force potentiation associated with skeletal myosin phosphorylation.* www.physiology.org/journal/ajpcell
- Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., & Thorborg, K. (2018). Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 21, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.006>
- Wallace, B. J., Shapiro, R., Wallace, K. L., Abel, M. G., & Symons, T. B. (2019). Muscular and neural contributions to postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(3). <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003011>
- Wyatt, H., Weir, G., van Emmerik, R., Jewell, C., & Hamill, J. (2019). Whole-body control of anticipated and unanticipated sidestep manoeuvres in female and male team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 37(19). <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.16>