

TRABAJO DE FIN DE GRADO

UNIVERSIDADE DA CORUÑA



GRADO EN CIENCIAS DA ACTIVIDADE FÍSICA E DO DEPORTE

Efecto del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo sobre el daño muscular inducido por el ejercicio y el rendimiento deportivo

Effect of blood flow restriction training on exercise-induced muscle damage and sport performance

Autor: Gabriel Pita Patiño

Tutor: Rafael Martín Acero

Trabajo de Fin de Grado realizado en la Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física

CURSO 2018/2019

ÍNDICE

1. MOTIVACIÓN/JUSTIFICACIÓN.....	4
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL TEMA.....	8
2.1.1 <i>Procedimiento de búsqueda y recogida de información</i>	<i>8</i>
2.1.2 <i>Resumen de la información revisada.....</i>	<i>15</i>
3. MARCO CONTEXTUAL.....	26
3.1 LUGAR DE INTERVENCIÓN	26
3.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN	27
3.3 POBLACIÓN OBJETO.....	31
3.4 DIAGNÓSTICO DAFO SOBRE EL PROYECTO.....	33
4. PROYECTO DE INTERVENCIÓN.....	34
4.1 OBJETIVOS DE LA INTERVENCIÓN.....	34
4.2 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	34
4.2.1 <i>Recursos humanos</i>	<i>34</i>
4.2.2 <i>Recursos materiales e instalaciones.....</i>	<i>34</i>
4.3 FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO	35
4.4 TAREAS ESPECÍFICAS REALIZADAS.....	38
4.4.1 <i>Respecto a los sujetos</i>	<i>38</i>
4.4.2 <i>Respecto al entorno</i>	<i>39</i>
4.5 RESUMEN DE LA INTERVENCIÓN.....	39
5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN	55
5.1 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	55
5.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS	55
5.3 POSIBILIDADES DE APLICACIÓN Y PROPUESTAS DE FUTURO	55
6. REFLEXIÓN SOBRE LAS CAPACIDADES DEL ALUMNO Y PLANTEAMIENTOS DE SU FORMACIÓN PARA EL FUTURO	57
6.1 COMPETENCIAS NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DE ESTA INTERVENCIÓN Y REFLEXIÓN SOBRE SI SE ENCUENTRAN ADQUIRIDAS	57
6.2 CARENCIAS PARA LA INTERVENCIÓN Y FORMACIÓN FUTURA.....	68
7. BIBLIOGRAFÍA.....	69
8. ANEXOS	74
ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO (HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE Y LOP.....	74
ANEXO II. ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA).....	77
ANEXO III. CARTEL PARA CAPTACIÓN DE PARTICIPANTES	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión de la revisión bibliográfica	9
Tabla 2. Resumen de los documentos revisados	14
Tabla 3. Resumen de los protocolos utilizados en los estudios que analizaban el daño muscular tras la aplicación de RPFS con entrenamiento excéntrico	21
Tabla 4. Cronograma de la intervención y tareas realizadas cada día.....	42
Tabla 5. Altura de salto (en cm) en las pruebas de CMJu.....	44
Tabla 6. Fuerza aplicada (en N) por cada grupo a lo largo de las pruebas de FIMU.....	45
Tabla 7. DOMS/DMIE (en cm) por cada grupo reportados en la escala EVA	48
Tabla 8. Competencias del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.....	67

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. El rol del estrés metabólico en la remodelación muscular	16
Imagen 3. Vista interior de ATP E.P.....	26
Imagen 2. Vista exterior ATP E.P	26
Imagen 4. Análisis DAFO	33
Imagen 5. Protocolo de calentamiento estandarizado	40
Imagen 6. Test CIMU y CMJu.....	41
Imagen 7. Colocación del manguito ocluser y disposición de las vallas para el entrenamiento	41
Imagen 8. Cronograma de la intervención	42

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Datos de los participantes.....	32
Gráfica 2. Valores absolutos (en cm) alcanzados por los participantes en el CMJu.....	43
Gráfica 3. Variaciones sufridas por los participantes en el CMJu respecto a su valor basal ...	44
Gráfica 4. Valores absolutos (en N) alcanzados por los participantes en el test FIMU.....	45
Gráfica 5. Variaciones sufridas por los participantes en el FIMU respecto a su valor basal a lo largo de la investigación.....	46
Gráfica 6. Comparativa del efecto del programa de RPFS en las variables de FIMU y CMJu en los diferentes grupos y valores medios	47
Gráfica 7. Valores absolutos (en cm) reportados en la escala EVA	48
Gráfica 8. Variaciones sufridas por los participantes en el DMIE respecto a su valor basal...	49
Gráfica 9. Evolución de CIMU, CMJu y DMIE en el grupo "DUR".....	50
Gráfica 10. Evolución de CIMU, CMJu y DMIE en el grupo "POST"	51
Gráfica 11. Evolución de CIMU, CMJu y DMIE en el grupo "PLA"	51

1. MOTIVACIÓN/JUSTIFICACIÓN

El entrenamiento oclusivo o entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo (RPFS), también es conocido como BFR (por sus siglas en inglés, blood flow restriction) o entrenamiento KAATSU (Sato, 2008).

El entrenamiento RPFS consiste en realizar un ejercicio con una presión restrictiva aplicada con un manguito o cinta, colocada en el extremo proximal de la extremidad que se ejercita, la cual puede variar según los dispositivos restrictivos utilizados y el ancho de los manguitos neumáticos que se utilicen (Curty et al., 2018).

Este tipo de entrenamiento tiene sus orígenes en Japón hace más de 50 años, cuando en 1966, el Doctor Yakashi Sato (por aquel entonces estudiante de 18 años) se dio cuenta de que durante las ceremonias budistas, al estar sentado en la posición tradicional japonesa, se producía una sensación de “hormigueo” en sus gemelos similar a la que sentía cuando estaba haciendo una serie de entrenamiento de fuerza. Entonces, elaboró la hipótesis de que esta sensación de inflamación celular y hormigueo se debía a que se había producido una restricción parcial del flujo sanguíneo en sus piernas. Tras más de diez años de pruebas e investigación, el método se fue poniendo a prueba en diferentes estudiantes y en el propio Sato, hasta que en 1983 sale a la luz el primer prototipo de manguito presurizado con control de presión (Sato, 2008).

Se popularizó mucho en Japón y otros países europeos o EE. UU., y actualmente, su uso empieza a ser visible en muchos centros deportivos. Sin embargo, todavía existe poca investigación al respecto, existiendo muchas incógnitas sobre el entrenamiento RPFS en cuanto a mecanismos de actuación, potenciales efectos, etc.

Dentro de la evidencia científica suficientemente contrastada, encontramos que el entrenamiento de fuerza con RPFS con cargas relativamente bajas (20–50% 1RM) provoca aumento de la fuerza y masa muscular similares al trabajo realizado con altas cargas (>80% 1RM), en diferentes poblaciones, desde atletas hasta personas gravemente enfermas (Lixandrao et al., 2018). Esto nos permitiría, por ejemplo, trabajar con personas que no pueden utilizar altas cargas (lesionados, post-operados, ancianos...), con cargas mucho menores, obteniendo resultados similares o iguales que los obtenidos con altas cargas.

Aunque los mecanismos por los cuales se producen beneficios a través del entrenamiento RPFS no están del todo claros, la evidencia existente nos dice que un aumento en el reclutamiento de fibras, acumulación metabólica o estrés metabólico, estimulación de la síntesis proteica y la inflamación celular, por separado o en conjunto, son los responsables de estos efectos positivos (Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bemben, 2012).

Sin embargo, existe cierta controversia en la literatura, cuando se habla del efecto del entrenamiento RPFs sobre el daño muscular. La gran mayoría de estudios muestran que después del entrenamiento RPFs existen indicadores de daño muscular de forma aguda (elevación de CPK, dolor referido por los sujetos, disminución en la contracción isométrica máxima) en los sujetos (Umbel et al., 2009; Wernbom, Järrebring, Andreasson, & Augustsson, 2009; Wernbom, 2011; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013).

Sin embargo, no hay un consenso sobre si el daño se debe a la oclusión en si, o al efecto del propio entrenamiento, encontrando incluso estudios que defienden que la RPFs provoca los beneficios antes mencionados (mejoras en fuerza e hipertrofia) con niveles no superiores de daño muscular al entrenamiento sin restricción (Sudo, Ando, Poole, & Kano, 2015a), y que los marcadores de daño agudos utilizados de forma selectiva no tienen por que indicar que exista un daño muscular crónico los días posteriores (Loenneke et al., 2014), siendo un protocolo seguro para utilizar sin afectar a la función muscular (Loenneke et al., 2013).

Sería de interés, por lo tanto, esclarecer que es lo que ocurre realmente cuando aplicamos RPFs en combinación con el entrenamiento de fuerza y el daño muscular inducido por ejercicio (DMIE), ya que, en muchas ocasiones, es necesario utilizar algún tipo de entrenamiento que tiene potencial para provocar DMIE en el deportista, ya que tendría asociados otros beneficios en su rendimiento.

Un ejemplo de lo anterior se observa habitualmente cuando se realiza con los deportistas entrenamiento de fuerza (sobre todo si no están habituados a hacerlo). Este tipo de entrenamiento ha cobrado cada vez más interés por parte de todos los entrenadores y preparadores físicos, al ser considerada una de las capacidades básicas más relevantes para un correcto desempeño deportivo, variando evidentemente su importancia en función de la modalidad, pero que ha mostrado tener una alta incidencia en deportes que no son puramente bioenergéticos (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016).

Estos deportes que no dependen sólo de la bioenergética, nos encontramos el grupo de los “deportes colectivos” o deportes “de equipo”, en los cuales, la mayoría de las acciones relacionadas con los gestos y desplazamientos que realizan los deportistas van a depender del nivel de fuerza y capacidad para aplicar la misma, en concreto, de la capacidad para encadenar de manera sucesiva acciones de fuerza explosiva (entendida ésta como la máxima aplicación de fuerza por unidad de tiempo (González-Badillo y Ribas, 2014).

En estas acciones que acabamos de mencionar, los deportistas realizan acciones caracterizadas por ciclos de estiramiento – acortamiento intenso o a alta velocidad, es decir, acciones que producen una contracción pliométrica (Cometti, 1998). Dicha contracción aparece con

frecuencia manifestada en diferentes acciones deportivas, destacando entre ellas los saltos, y, dentro de los diferentes tipos de salto, suscita mayor interés el salto unipodal, ya que la capacidad de saltar a un solo apoyo del deportista va a ser fundamental para que tenga un correcto desarrollo del patrón de carrera (Kotzamanidis, 2006) y se capaz de realizar adecuadamente cambios de dirección, aspectos fundamentales para el rendimiento en este tipo de deportes (Kotzamanidis, 2006).

Llegados a este punto, asumimos que es importante que los deportistas mejoren su fuerza, lo que les permitiría mejorar el salto, y, en consecuencia, mejorar el desempeño deportivo (entre otros beneficios).

Si queremos que el deportista salte más y mejor, y siguiendo el principio de especificidad del entrenamiento, los entrenadores y/o preparadores físicos entrenarán gestos de salto o similares al salto, con secuencias rápidas de ciclo estiramiento-acortamiento anteriormente mencionadas, aplicando el método pliométrico (Kotzamanidis, 2006; Markovic, 2007).

Uno de los problemas del entrenamiento pliométrico, es que, debido a que existe un alto grado de trabajo excéntrico, se pueden producir alteraciones en la capacidad funcional de la musculatura, cambios a nivel celular y en la estructura muscular (Proske & Morgan, 2001), que podrían repercutir de manera negativa sobre el rendimiento, afectando a las sesiones de entrenamiento o competición los días posteriores a dicho entrenamiento, provocando DMIE, las famosas mal denominadas “agujetas”. Además, más allá del rendimiento, algunos autores hablan de un aumento del riesgo de lesión al entrenar en esa situación de DMIE (Proske & Morgan, 2001).

Por tanto, si queremos entrenar saltos (u otro entrenamiento con alto componente excéntrico), y nos encontramos el hándicap del DMIE al entrenar de esta manera, deberíamos conocer si existe modo alguno de reducir tal daño, y así maximizar las ventajas y minimizar los perjuicios de este método de entrenamiento, como es el caso del entrenamiento con RPFS.

A la luz de lo expuesto y con relación a investigaciones previas revisadas, el planteamiento de este estudio consistirá en comprobar si la realización de entrenamiento pliométrico (alto componente excéntrico) con la aplicación combinada de RPFS influye y de que forma lo hace sobre el DMIE.

Por tanto, para nuestro estudio, nos planteamos lo siguiente objetivos:

1. Conocer el efecto de una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal sobre la aparición y percepción subjetiva de DMIE.
2. Comprobar cuanto y durante cuanto tiempo influye una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal en el rendimiento específico de salto de un deportista en diferentes condiciones (con RPFS durante, RPFS post y sin RPFS)
3. Comprobar el efecto de la aplicación de RPFS sobre la aparición de DMIE en comparación con la aplicación posterior al ejercicio, así como la no aplicación de restricción

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión bibliográfica sobre el tema

2.1.1 Procedimiento de búsqueda y recogida de información

2.1.1.1 Planteamiento de un problema concreto y revisión sobre el estado del arte sobre el mismo

Conocer el estado del arte sobre el entrenamiento oclusivo aplicado en combinación junto al entrenamiento excéntrico/pliométrico y sus efectos sobre el daño muscular

2.1.1.2 Determinar palabras clave utilizadas:

- En español:

- Entrenamiento oclusivo
- Entrenamiento con restricción flujo sanguíneo
- Entrenamiento con oclusión vascular
- Entrenamiento excéntrico
- Entrenamiento pliométrico
- Daño muscular
- Daño muscular inducido por ejercicio

- En inglés:

- Occlusion training
- BFR
- Blood Flow restriction
- Vascular occlusion training
- Kaatsu training
- Eccentric exercise training
- Plyometric training
- Muscle damage
- DOMS

- Conectores utilizados:

- Y/AND
- O/OR

- **Campos de búsqueda:**
 - Título (TI)
 - Tema (TS)
 - Palabras Clave (KW)
 - Abstract (ABS)
 - Descriptores (SUB)

2.1.1.3 Seleccionar los motores de búsqueda y bases de datos a consultar

- Web of Science
- Scopus
- SportDiscuss
- PubMed
- Google Scholar

2.1.1.4 Determinar criterios de inclusión/exclusión:

Tipo de publicación	Artículos, revisiones sistemáticas, meta-análisis y estudios piloto
Idioma	Español y/o inglés
Fecha de publicación	Desde el año 2009 (últimos 10 años)
Perfiles participantes	Personas sanas, deportistas, lesionados, ancianos, no enfermos

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión de la revisión bibliográfica

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.5 Ejecutar consultas

Se realiza la búsqueda inicial en las bases de datos señaladas anteriormente, en la cual, se obtienen 101 artículos.

2.1.1.6 Eliminar duplicados

Se eliminan los resultados duplicados, obteniendo un total de 92 artículos

2.1.1.7 Revisar títulos y abstract

Se revisaron los títulos y resúmenes de los 92 artículos para conocer si la temática de los mismos era de relevancia e interés para nuestra investigación, para hacer un último filtrado antes de la lectura completa, descartando aquellos que no tienen relación significativa con nuestro objetivo de estudio. Se selecciona un total de 32 artículos.

2.1.1.8 Revisión del texto completos de los artículos seleccionados

Seleccionados los 32 artículos, se revisan y se utilizan para elaborar la revisión final sobre el tema 31 de ellos, al no ser posible acceder al texto completo de uno de ellos.

2.1.1.9 Tabla – resumen de los documentos seleccionados

AÑO	AUTORES	TÍTULO	REVISTA
2009	Umbel et al.	Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise	<i>European Journal of Applied Physiology</i>
2009	Wernbom et al.	Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>
2011	Wernbom	Effects of an acute bout of low-load resistance training with blood flow restriction:- with special reference to muscle damage, hypertrophic signaling and satellite cells	<i>Dissertation from the norwegian school of sport sciences</i>
2012	Chen et al.	Low-intensity eccentric contractions attenuate muscle damage induced by subsequent maximal eccentric exercise of the knee extensors in the elderly	<i>European journal of applied physiology</i>
2012	Loenneke et al.	Low intensity blood flow restriction training: A meta-analysis	<i>European Journal of Applied Physiology</i>
2013	Loenneke, Fahs, et al.	Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs	<i>Frontiers in Physiology</i>
2013	Loenneke, Thiebaud, et al.	Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque	<i>European Journal of Applied Physiology</i>
2013	Thiebaud, Yasuda, Loenneke, & Abe	Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage	<i>Interventional Medicine & Applied Science</i>
2013	Wilson et al.	Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>

2014	Loenneke et al.	Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence	<i>Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports</i>
2014	Loenneke, Thiebaud, Abe, & Bemben	Blood flow restriction pressure recommendations: The hormesis hypothesis	<i>Medical Hypotheses</i>
2014	Thiebaud et al.	Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction	<i>Acta Physiologica Hungarica</i>
2015	Heitkamp	Training with blood flow restriction. Mechanisms, gain in strength and Safety	<i>Journal of Sports Medicine and Physical Fitness</i>
2015	Spranger, Krishnan, Levy, O'Leary, & Smith	Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: A call for concern	<i>American Journal of Physiology</i>
2015	Sudo, Ando, Poole, & Kano	Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions	<i>Physiological Reports</i>
2016	Bazgir et al.	Acute Cardiovascular and Hemodynamic Responses to Low Intensity Eccentric Resistance Exercise with Blood Flow Restriction	<i>Asian Journal of Sports Medicine</i>
2016	Tabata, Suzuki, Azuma, & Matsumoto	Rhabdomyolysis after performing blood flow restriction training: A case report	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>

2017	Allsopp & May	Can low-load blood flow restriction training elicit muscle hypertrophy with modest inflammation and cellular stress, but minimal muscle damage?	<i>Journal of Physiology</i>
2017	Brandner & Warmington	Delayed onset muscle soreness and perceived exertion after blood flow restriction exercise	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>
2017	Hughes, Paton, Rosenblatt, Gissane, & Patterson	Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis	<i>British Journal of Sports Medicine</i>
2017	Nielsen et al.	Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage	<i>The Journal of physiology</i>
2018	Bahamondes-Avila et al.	Effects of lower limb training with partial restriction of blood flow on muscle strength and systemic biomarkers of muscle damage and inflammation	<i>International Journal of Morphology</i>
2018	Barnes, Fraser, Coley, & Perry	Is Postexercise Blood Flow Restriction a Viable Alternative to Other Resistance Exercise Protocols?	<i>Research Quarterly for Exercise and Sport</i>
2018	Behringer, Heinke, Leyendecker, & Mester	Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions	<i>The Journal Of Physiological Sciences</i>
2018	Curty et al.	Blood flow restriction attenuates eccentric exercise-induced muscle damage without perceptual and cardiovascular overload	<i>Clinical Physiology and Functional Imaging</i>

2018	Lixandrao et al.	Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis	<i>Sports medicine (Auckland, N.Z.)</i>
2018	Martín-Hernández, Santos-Lozano, Foster, & Lucia	Syncope Episodes and Blood Flow Restriction Training	<i>Clinical Journal of Sport Medicine</i>
2018	Martins, Salles, Marocolo, & Maior	Blood flow restriction training promotes hypotensive effect in hypertensive middle-age men	<i>Archivos de Medicina del Deporte</i>
2018	Mosavian, Gaeini, Hemmatinifar, Kordi, & Nori	Effect of low-intensity eccentric resistance training with blood flow restriction on the activation and proliferation indicators of satellite cells	<i>Hormozgan Medical Journal</i>
2018	Neto et al.	Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress?	<i>Journal of Sports Sciences</i>
2018	Rossi, De Freitas, Zanchi, Lira, & Cholewa	The role of inflammation and immune cells in blood flow restriction training adaptation: A review	<i>Frontiers in Physiology</i>
2019	Bowman et al.	Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial	<i>Sports Health</i>

Tabla 2. Resumen de los documentos revisados

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Resumen de la información revisada

En este apartado se recoge una síntesis de la información más relevante que se ha encontrado en toda la bibliografía consultada sobre el entrenamiento oclusivo y su relación con el daño muscular inducido por el ejercicio durante el entrenamiento excéntrico, incluyendo no solo aquellos estudios concretos que abordan esa temática, sino aportando información más amplia sobre otros aspectos que se considera relevante revisar (eficacia de la RPFS en diferentes tipos de entrenamiento, protocolos utilizados RPFS, DMIE, etc.). La información más general y básica se recoge de manera breve, al haber sido ya revisada en el apartado de “Motivación/justificación” en este mismo trabajo.

Eficacia del entrenamiento con RPFS y sus mecanismos de actuación

El entrenamiento con RPFS consiste en una restricción u oclusión parcial del retorno venoso, sin provocar obstrucción arterial, que ha demostrado tener eficacia en multitud de poblaciones. De acuerdo con la revisión realizada por Loenneke et al. (2014) y Lixandrao et al. (2018) la aplicación de esta oclusión (ya sea de manera aislada o de forma combinada junto a entrenamiento) es capaz de promover el aumento de la fuerza y la masa muscular (hipertrofia) en multitud de poblaciones, desde deportistas altamente entrenados hasta ancianos, pasando por personas que se están recuperando de una lesión o incluso alguna enfermedad. Esta particularidad convierte a la RPFS en una herramienta con un enorme potencial para su aplicación en el ámbito de la salud y del rendimiento deportivo.

Además, la eficacia de este método ha sido observada tanto en el entrenamiento de resistencia como en el entrenamiento de fuerza, así como aplicado de manera aislada (Loenneke et al., 2014), por lo que se presenta como un método muy adaptable a la condición de la persona (deporte que practica, edad, nivel de condición física...).

Con relación al entrenamiento de fuerza, que es nuestro objetivo en esta revisión, hemos encontrado evidencias de que la RPFS aplicada en combinación con este tipo de trabajo, es capaz de conseguir aumentos de masa muscular a ritmos realmente elevados, comparables e incluso superiores a los alcanzados por el entrenamiento convencional (Wernbom et al., 2009). Todavía no están claros cuales son los mecanismos fisiológicos que subyacen y permiten que se produzcan los beneficios a través del entrenamiento RPFS, pero se ha observado que podría deberse principalmente a un aumento en el reclutamiento de fibras, acumulación metabólica, estimulación de la síntesis proteica y la inflamación celular, actuando estos mecanismos por separado o en conjunto (Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bembem, 2012).

Parece por tanto que, el estrés metabólico, tiene una importancia capital para que se produzcan estos efectos (Rossi et al., 2018), tal y como se observa en la Imagen 1, que nos resume perfectamente el papel de estos procesos de estrés metabólico durante la RPFS.

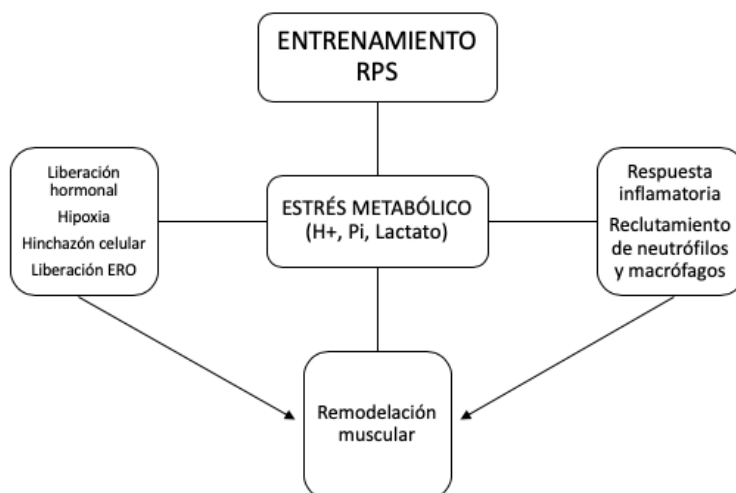


Imagen 1. El rol del estrés metabólico en la remodelación muscular

Fuente: Adaptado de Rossi, De Freitas, Zanchi, Lira, & Cholewa (2018).

Si el objetivo, por tanto, es el de ganancia de masa muscular, el entrenamiento de baja carga (30%RM) combinado con la aplicación de RPFS se muestra como un modelo válido, frente al uso de altas cargas. Sin embargo, si el objetivo es la mejora de la fuerza máxima, las altas cargas (>65%RM) siguen mostrándose como la mejor opción de entrenamiento entre las opciones mencionadas (Lixandrao et al., 2018).

Por tanto, el entrenamiento con RPFS puede mostrarse como una alternativa interesante para el trabajo de hipertrofia, permitiendo el uso de cargas bajas (>30%RM), y puede cobrar especial interés cuando los sujetos están obligados a usar este tipo de cargas (especialmente lesionados), como así manifiestan Hughes, Paton, Rosenblatt, Gissane, y Patterson (2017), en su metanálisis sobre entrenamiento con RPFS en personas lesionadas. En esta dirección, se ha encontrado incluso, un potencial efecto *crossover* al entrenar con RPFS en personas lesionadas, es decir, que la aplicación de RPFS y el entrenamiento de una extremidad provocaba mejoras también en la extremidad contralateral (Bowman et al., 2019).

Protocolos de RPFS: Aspectos metodológicos y riesgos potenciales

A nivel metodológico, encontramos que en la literatura que existen diferentes protocolos para la aplicación de la RPFS en el entrenamiento con bajas cargas. A continuación, revisaremos cuales son los más habituales, así como los potenciales riesgos que podrían existir en la aplicación de la RPFS.

A nivel general, uno de los protocolos más utilizados en el entrenamiento con RPFS consiste en la realización de 1 serie de 30 repeticiones, seguida de 3 series de 15 repeticiones (con una pausa de 30 segundos entre series), utilizando una carga cercana al 30% RM (Loenneke et al., 2013). Aunque también encontramos otros autores, que proponen la realización de 3-4 series con un porcentaje similar (30-35% RM), pero en este caso, realizando cada una de las series hasta el fallo muscular, con una pausa de 90 segundos entre series (Umbel et al., 2009).

Para que el análisis sea más exhaustivo en el caso que nos interesa (RPFS combinado con trabajo excéntrico), en la tabla 3, hemos resumido los protocolos que se han utilizado en los diferentes artículos revisados que incluían este tipo de protocolos.

En cuanto a los ejercicios que se han utilizado, observamos que la predominancia es de ejercicios que implican la musculatura del miembro inferior, predominando aquellos que realizan extensión de rodilla unilateral, a través del trabajo en prensa de pierna (Barnes et al., 2018; Bazgir et al., 2016; Behringer et al., 2018; Loenneke et al., 2013; Mosavian et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Umbel et al., 2009; Wernbom et al., 2009 y Wilson et al., 2013). En algún caso se utilizan otros ejercicios como la sentadilla o el curl femoral (Bahamondes-Avila et al., 2018).

Aunque son los menos frecuentes, también algunos optan por protocolos que implican miembro superior, con ejercicios de flexo-extensión de codo, como el curl de bíceps (Brandner & Warmington, 2017; Curty et al., 2018; Thiebaud et al., 2013 y Thiebaud et al., 2014) o alguno que combina varios ejercicios: press banca, jalón al pecho, curl de bíceps y curl de tríceps (Neto et al., 2018). Por último, encontramos un estudio que opta por la electroestimulación, en este caso, aplicado en ratas (Sudo et al., 2015a).

Respecto a la intensidad, en todos los estudios revisados, excepto en 3 de ellos se usan cargas bajas (20-35%RM), en algunos casos expresada en porcentaje respecto al 1RM, y en otros respecto a la contracción máxima voluntaria (CVM). Las excepciones las encontramos en el caso del estudio de electroestimulación que no utilizó ninguna carga externa (Sudo et al., 2015a), un protocolo con carga elevada del 75% del 1RM (Behringer et al., 2018) y un protocolo con carga supramáxima del 130% del 1RM (Curty et al., 2018).

Las pausas entre series oscilan entre los 30 y los 90 segundos, siendo el primero de estos tiempos el más habitual en la gran mayoría de trabajos (Bahamondes-Avila et al., 2018; Barnes et al., 2018; Behringer et al., 2018; Brandner & Warmington, 2017; Loenneke et al., 2013; Mosavian et al., 2018; Neto et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Thiebaud et al., 2013; R. Thiebaud et al., 2014 y Wilson et al., 2013).

El volumen de trabajo, expresado en el total de repeticiones realizadas (número de ejercicios multiplicado por series y multiplicado por repeticiones), varía entre los diferentes protocolos, y en algunos no se puede determinar, al ser realizadas repeticiones hasta el fallo muscular, cada sujeto hará un número variable de repeticiones (Bahamondes-Avila et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Umbel et al., 2009 y Wernbom et al., 2009). Lo más habitual fue la realización de un único ejercicio, con el protocolo 4 series x 30-15-15-15 repeticiones con 30 segundos de recuperación entre series (Brandner & Warmington, 2017; Loenneke et al., 2013; Neto et al., 2018; Thiebaud et al., 2013; Thiebaud et al., 2014 y Wilson et al., 2013), lo que nos daría un volumen por sesión de 300 repeticiones.

La presión de los manguitos para la RPFS se muestra variable tanto en la intensidad de esta, como en el mecanismo para establecer cual será la presión elegida. Algunos estudios usaron una presión fija e igual para todos los sujetos (Behringer et al., 2018; Brandner & Warmington, 2017; Curty et al., 2018; Loenneke et al., 2013; Mosavian et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Sudo et al., 2015a; Thiebaud et al., 2013; Thiebaud et al., 2014 y Mathias Wernbom, 2011), otros presiones variables entre rangos (Bahamondes-Avila et al., 2018; Bazgir et al., 2016 y Umbel et al., 2009), otros optaron por una presión basada en la percepción subjetiva del participante (Wilson et al., 2013) y uno tomó como referencia la PAS con un factor de corrección (Neto et al., 2018). Los rangos de presión utilizada van desde los 90mmHg en los protocolos con menor presión (Bazgir et al., 2016), hasta los 210mmHg en los protocolos de mayor presión (Loenneke et al., 2013). Hemos calculado el promedio de los datos, teniendo en cuenta los rangos máximos y mínimos, y la variabilidad en función del método de estimación, y nos encontramos que la presión media es de 140mmHg. Es importante matizar que, aunque no se recoge explícitamente en todos los estudios, la presión utilizada depende en gran medida del grosor de los manguitos (Loenneke et al., 2012), donde a mayor grosor, menor presión necesaria. En este caso, las revisiones se corresponden a estudios donde se usaban manguitos entre 3cm y 13,5cm (Loenneke et al., 2014), y en algún caso, ni siquiera se especificaba.

AUTOR/ES	NIVEL ACTIVIDAD	N	EDAD MEDIA	Nº SESIONES	EJERCICIO	CARGA	SERIES	REP.	PAUSA (Seg)	PRESIÓN (MMHG)	MOMENTO OCLUSIÓN
Umbel et al., 2009	>60'/sem ejercicio	9	25	1	Extensión de rodilla unilateral	35% CVM	3	Fallo	90	160-200	Durante
Wernbom et al., 2009	Experiencia en entrenamiento de fuerza	11	25	1	Extensión de rodilla unilateral	30% 1RM	3	Fallo	45	100	Durante
Loenneke et al., 2013	Físicamente activos (criterios ACSM)	18	24	1	Extensión de rodilla unilateral	30% CVM	4	30 15 15	30	210	Durante
Thiebaud, Yasuda, Loenneke, & Abe, 2013	Sin entrenamiento fuerza último año	10	23	1	Curl bíceps mancuerna unilateral	30% 1RM	4	30 15 15	30	120	Durante
Wilson et al., 2013	> 1 año experiencia entrenamiento fuerza	12	21	4	Prensa de pierna unilateral	30% 1RM	4	30 15 15	30	7/10*1	Durante
Thiebaud et al., 2014	Sin entrenamiento fuerza últimos 6 meses	9	24	1	Flexión de codo unilateral	30% 1RM	4	30 15 15	30	120	Durante

Sudo et al., 2015a y Sudo, Ando, Poole, & Kano, 2015b	Estudio realizado en ratas	20	12 sem.	1	Electroestimulación de Dorsiflexión unilateral	-	1	40	-	140 160 200	Pre Durante Post
Bazgir et al., 2016	Recreativamente Activos	16	<32	1	Ejercicio excéntrico de cuádriceps unilateral	30% 1RM	4	-	-	90-100	Durante
Brandner y Warmington, 2017	Sin entrenar fuerza últimos 6 meses	17	23	4	Curl bíceps mancuerna unilateral	20% 1RM	4	30 15 15 15	30	+93 +150	Durante (continuo/ intermitente)
Nielsen et al., 2017	Activos, sin entrenamiento sistemático último año (2 grupos)	20 20	23 22	23 7	Extensión rodilla unilateral	20% 1RM	4	Fallo	30	100	Durante
Bahamondes-Avila et al., 2018	Activos, > 2 años experiencia E. Fuerza	27	22	12	½ sentadilla en prensa Smith Curl femoral bilateral	20% 1RM	3	Fallo	30	160-180	Durante
Barnes et al., 2018	>2 años de E.Fuerza recreacional	10	22	4	Extensión de rodilla	30% 1RM	5	15	30	Perím. Muslo*2	Durante Post
Behringer et al., 2018	>4h/semana entrenamiento físico	20	25	1	Extensión de rodilla unilateral	75% 1RM	4	Fallo	30	+ 197	Durante

Curty et al., 2018	>1 año experiencia										
	E.fuerza durante 3 días/seman	9	26	2	Extensión de codo unilateral	130% 1RM	3	10	60	⁺ 121	Durante
Mosavian et al., 2018	No entrenados	20	24	1	Extensión de rodilla unilateral	30% 1RM	3	25	30	100	Durante
	Entrenados recreativos (1-5 años E. Fuerza)	10	19	3	Press Banca			30			
Neto et al., 2018					Jalón al pecho	20%	4	15	30	1,3xPAS*	Durante
					Curl bíceps en polea	1RM		15		₃	
					Curl tríceps en polea			15			

Tabla 3. Resumen de los protocolos utilizados en los estudios que analizaban el daño muscular tras la aplicación de RPFS con entrenamiento excéntrico

Fuente: Elaboración propia

(N= número de sujetos, N° SES = Número de sesiones realizadas (no se incluye la sesión de familiarización), CVM= contracción voluntaria máxima, 1RM= 1 repetición máxima, Fallo = fallo muscular)

*1Algunos protocolos de RPFS se basan en la percepción subjetiva de presión y no usan un valor en mmHg

*2Algunos protocolos de RPFS se basan en el perímetro del muslo para ajustar la presión

*3Algunos protocolos de RPFS se basan en la PAS (presión arterial sistólica) multiplicada por un factor corrector para ajustar la presión

Teóricamente, la presión aplicada debe ser lo suficientemente alta como para ocluir el retorno venoso del músculo, pero lo suficientemente baja como para mantener el flujo arterial hacia el músculo, y se sugiere que puede seguir un funcionamiento bajo el fenómeno de hormesis, donde una dosis baja/moderada de RPFs produce efectos beneficiosos, mientras que presiones más altas (cercanas a la oclusión arterial) pueden disminuir los beneficios del ejercicio y aumentar el riesgo para la salud, aunque no hay resultados claros al respecto (Loenneke et al., 2014).

Otros estudios han encontrado que la utilización de una escala subjetiva de presión (en este caso de 7 sobre 10), se muestra como una alternativa segura para el uso de una presión “personalizada” (Wilson et al., 2013).

El momento de la oclusión, en todos los casos a excepción de 2 estudios se realizó durante el ejercicio. En el caso de los que no la realizarán durante, tenemos un estudio (Sudo et al., 2015a) en el que se hizo oclusión en 3 condiciones diferentes (pre, durante, post) y otro que ocluyó durante o post (Barnes et al., 2018).

Riesgos potenciales:

En cuanto a los posibles riesgos en la aplicación de la RPFs, es evidente que la oclusión venosa parcial pueda preverse como potencialmente peligrosa, incrementando el riesgo de sufrir alguna afectación relacionada con el sistema cardiovascular, sin embargo, este tipo de práctica se ha mostrado segura, sin producirse incrementos en el riesgo de trombosis tras su aplicación, aunque recomiendan tener especial precaución en el caso de pacientes ancianos o con alguna patología cardíaca (Heitkamp, 2015). En esta misma línea, se ha observado que la respuesta aguda a la realización de entrenamiento excéntrico, tanto de bajas cargas combinado con RPFs como sin RPFs produce un aumento en la frecuencia cardíaca y en el RPE de los sujetos, frente a otros tipos de entrenamiento, y aunque RPFs muestra un incremento en el trabajo realizado por el sistema cardiovascular, se ha mostrado como un protocolo seguro en cuanto a su respuesta hemodinámica y cardiovascular en poblaciones sanas (Bazgir et al., 2016).

Se ha encontrado un potencial efecto hipotensivo tras el ejercicio con RPFs de baja intensidad realizado por hipertensos, mostrándose una reducción significativa de la presión arterial sistólica, diastólica y media y la frecuencia cardíaca post ejercicio, desde los 10 hasta los 60 minutos (Martins, Salles, Marocolo & Maior, 2018). De todos modos, otros autores indican que se debe tener precaución en la utilización de RPFs en personas con hipertensión arterial al encontrarse resultados contradictorios, y tener un potencial efecto sobre el incremento de la TA durante su utilización (Spranger et al., 2015).

Otro episodio que podría ocurrir serían los síncope vasogales o desmayos producidos durante la realización del ejercicio con oclusión. En este caso, se han reportado 3 casos dentro de una muestra de 21 sujetos jóvenes sanos (un 14%) durante las sesiones de familiarización de un protocolo de RPFS combinado con electroestimulación (Martín-Hernández et al., 2018). Los motivos pueden ser centrales, debido a la reducción del flujo sanguíneo que llega al cerebro (por dificultar el retorno venoso) al emplear un aumento de la presión vascular, y periféricos, al aumentar la presión externa de la pared arterial, que activaría el control simpático autónomo y provocaría una respuesta de vasodilatación que podría terminar provocando dicho síncope hipotensivo.

También podemos mencionar, aunque son pocos los casos referidos, que se ha detectado algún estudio de caso (n=1) de afectación por rabdomiolisis tras entrenamiento con RPFS (Tabata et al., 2016), pero como indican los propios autores, posiblemente debido a un bajo nivel de forma física, el estado de enfermedad o el uso de algún medicamento, que podría ser resuelto con el ajuste concreto a las situaciones personales del sujeto.

Daño muscular inducido por ejercicio (DMIE), entrenamiento excéntrico y su relación con la restricción parcial del flujo sanguíneo (RPFS)

El daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE) es un fenómeno que, como su propio nombre indica, refleja el daño que ha sufrido una estructura muscular como consecuencia del ejercicio físico. Este daño muscular incluye fenómenos como la hinchazón de la extremidad ejercitada, disminución del rango de movimiento (ROM) en la articulación, aumento de los niveles de creatinquinasa y mioglobina en la sangre, disminución de la producción de fuerza y dolor muscular de inicio retardado, las “agujetas” (Loenneke et al., 2014; Thiebaud et al., 2013). El DMIE suele manifestarse en un plazo que va desde las 8 a las 12 horas después del ejercicio, y alcanzando su pico máximo a las 24 y 72 horas después del ejercicio, volviendo a niveles de reposo en un plazo de 7 a 10 días (Brandner & Warmington, 2017).

La gravedad del DMIE está relacionada con el tipo y la intensidad de ejercicio realizado.

Las contracciones concéntricas requieren más activación muscular que las acciones excéntricas, como lo demuestra el aumento de la amplitud de la señal EMG, lo cual va a provocar un incremento de trabajo por fibra reclutada en las contracciones excéntricas, resultando en un mayor estrés mecánico y su consiguiente DMIE (Umbel et al., 2009).

Por tanto, el tipo de contracción muscular influye en el nivel de DMIE mostrándose las contracciones excéntricas como aquellas que causan un daño muscular significativamente mayor que las contracciones concéntricas. Además, la cantidad de tensión a la que es sometida

cada una de las fibras musculares, la longitud inicial del músculo, así como la fuerza máxima producida durante el ejercicio provocarán un mayor o menor DMIE (Loenneke et al., 2014). Estos mismos autores observan que realizando el mismo protocolo de ejercicio, la cantidad de daño muscular aumenta con una intensidad cada vez mayor, encontrando que las contracciones excéntricas con una intensidad del 40% producen significativamente menos daño muscular que las contracciones excéntricas del 100% de la MCV.

Este incremento de estrés mecánico que sufren las fibras musculares en las contracciones excéntricas pueden provocar un daño citoesquelético y provocar alteraciones de las membranas celulares, aumentando la afluencia de calcio en las células musculares y la subsiguiente activación de la calpaína, que es una enzima proteolítica (Umbel et al., 2009).

Para evaluar el nivel de DMIE, los estudios revisados han utilizado indicadores de daño muscular agudo, principalmente elevación de CPK o mioglobina en plasma, aumento de la percepción subjetiva del dolor (escala EVA), disminución en la contracción isométrica máxima, etc. (Umbel et al., 2009; Wernbom, Järrebring, Andreasson, & Augustsson, 2009; Wernbom, 2011; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013). Estos indicadores muestran niveles significativamente mayores al aplicarse un régimen de entrenamiento excéntrico en condiciones de RPFS.

Aunque inicialmente se pudiera pensar que la RPFS provoca un mayor daño muscular que el entrenamiento sin RPFS, no existe un consenso sobre si el daño que se observa en estos sujeto se debe a la oclusión en si, o al efecto del propio entrenamiento, es más, se han encontrado incluso estudios que defienden que la RPFS provoca los beneficios anteriormente mencionados (mejoras en fuerza e hipertrofia) con niveles no superiores de daño muscular al entrenamiento sin RPFS, aun observándose incrementos en indicadores de estrés oxidativo (Neto et al., 2018; Sudo et al., 2015a; Umbel et al., 2009). Esto cobra mayor sentido si observamos con detenimiento que, en muchas investigaciones, se ha concluido este aumento del DMIE en función de la respuesta aguda tras el entrenamiento, cuando se ha reportado que los marcadores de daño agudos utilizados de forma selectiva no tienen por que indicar que exista un daño muscular crónico los días posteriores (Loenneke et al., 2014) o una afectación al rendimiento, mostrándose la RPFS como un protocolo seguro para utilizar sin afectar a la función muscular (Loenneke et al., 2013).

De hecho, en la revisión sistemática realizada por Loenneke et al. (2014), donde se revisan varios protocolos con este régimen de entrenamiento, se concluye que la RPFS en combinación con el ejercicio de fuerza de baja intensidad no aumenta el DMIE y dicha conclusión se deriva de las siguientes observaciones:

1. Ausencia de disminución prolongada de la función muscular
2. Ausencia de hinchazón muscular prolongada
3. Índices de dolor muscular similares a los de un control submaximal de baja carga
4. Ausencia de elevación de los biomarcadores sanguíneos de daño muscular

Cabe mencionar también, que algunos autores proponen que se podrían encontrar beneficios similares ocluyendo una vez que el ejercicio ha finalizado, consiguiendo efectos similares con niveles más bajos de esfuerzo y dolor percibido por parte de los sujetos, que si realizan la sesión de entrenamiento con la RPFS durante la realización de los ejercicios (Barnes et al., 2018).

Conclusiones

Después de toda la información revisada, podemos concluir que el entrenamiento con RPFS tiene un considerable nivel de evidencia acerca de sus potenciales efectos sobre la mejora en fuerza y especialmente hipertrofia.

Estos efectos se han investigado en combinación con un régimen de entrenamiento excéntrico en numerosos estudios, con diferentes condiciones experimentales, principalmente aplicados sobre el miembro inferior, en las cuales se realizan volúmenes de entrenamiento relativamente elevados (300 repeticiones), en algunos casos llegando al fallo muscular; con intensidades cercanas al 30-35% del 1RM.

La oclusión se ha realizado de forma moderada (± 140 mmHg) con manguitos entre 6-13cm de grosor, aplicados durante la realización del ejercicio.

Las evidencias acerca de como será la respuesta a este tipo de entrenamiento son contradictorias, manifestándose un aumento del estrés agudo en comparación con la no utilización de oclusión, pero no necesariamente un mayor DMIE o disminución del rendimiento.

Además, exceptuando situaciones particulares (estados patológicos), el entrenamiento con RPFS se muestra como un protocolo seguro para utilizar con personas sanas.

Por tanto, el entrenamiento con RPFS se plantea como una alternativa digna de un estudio más detallado, a fin de esclarecer las dudas que todavía existen al aplicarse metodologías diferentes en los estudios de referencia.

3. MARCO CONTEXTUAL

3.1 Lugar de intervención

La intervención será llevada a cabo en las instalaciones de ATP Entrenamiento Personal S.L, ubicado en el municipio de Oleiros (A Coruña), en la urbanización Icaria.

Es un centro multidisciplinar que ofrece principalmente servicios de entrenamiento personal, pero que también cuenta con servicio de fisioterapia y nutrición.

El centro cuenta con un espacio diáfano que se adapta a la perfección para el desarrollo de nuestras sesiones, además de contar con el material necesario.



Imagen 3. Vista exterior ATP E.P

Fuente: Elaboración propia



Imagen 2. Vista interior de ATP E.P

Fuente: Elaboración propia

Se trata de un contexto ideal para realizar nuestro trabajo, ya que cuenta con unas instalaciones perfectamente preparadas, material para las valoraciones iniciales y las sesiones de entrenamiento, así como facilidad de acceso y una buena ubicación geográfica, que favorecerán la participación de todas las personas de A Coruña y su área de influencia, debido a la cercanía del centro a estos lugares.

Otra ventaja con la que contaremos es que el desarrollo de la investigación será coordinada y asistida por el Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Dan Río, uno de los socios fundadores de la empresa ATP Entrenamiento Personal S.L, y que ejerce de tutor profesional de este centro para los alumnos en prácticas procedentes de la facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física de la UDC.

Debemos destacar también que la toma de datos realizada será conjunta junto con otro alumno, ya graduado, que realiza una investigación para su Trabajo de Fin de Máster.

Para la elección de la muestra, se optó por la realización de un cartel (incluido en el apartado de anexos) donde se describían de forma general los objetivos de la investigación, con posibilidad de contacto para ampliarla, siendo difundido este a través de internet vía redes sociales (Twitter, Facebook, Instagram) y físicamente, a través de su colocación en los tablones de la facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física, así como en las instalaciones del propio centro ATP Entrenamiento Personal.

El contexto de difusión favorece que las personas objetivo para la muestra sean gente joven (18-30 años), con alguna experiencia deportiva (que no sean sedentarios y que practiquen o que hayan practicado ejercicio físico o deporte), y con predisposición para permanecer a lo largo de toda la investigación con nosotros.

Se utilizó una encuesta de “Google Forms” para el contacto con los posibles participantes, que sirviese tanto para informarles de como se desarrollaría la intervención, como para recoger los datos de contacto de estos para la posterior organización de las sesiones.

Después de reclutar durante 5 semanas al mayor número de personas posibles, se citaron a los participantes para realizar las valoraciones iniciales y la sesión de familiarización, previas a la realización de la sesión de entrenamiento propia.

3.2 Objetivos del proyecto de intervención

Como ya citamos anteriormente, nuestra investigación tiene los siguientes objetivos:

1. Conocer el efecto de una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal sobre la aparición y percepción subjetiva de DMIE.
2. Comprobar cuanto y durante cuanto tiempo influye una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal en el rendimiento específico de salto de un deportista en diferentes condiciones (con RPFS durante, RPFS post y sin RPFS)
3. Comprobar el efecto de la aplicación de RPFS sobre la aparición de DMIE en comparación con la aplicación posterior al ejercicio, así como la no aplicación de restricción

Vistos los objetivos, debemos reflexionar sobre diferentes aspectos que van a condicionar el diseño y aplicación de nuestro trabajo.

Para poder llevar a cabo nuestra propuesta, lo primero que debemos considerar es la necesidad de seleccionar y/o diseñar un ejercicio pliométrico con su correspondiente carga de

entrenamiento, que cumpla con los objetivos de la investigación, que sea relativamente sencillo su aprendizaje, y que tenga una relación beneficios-riesgos favorable. En las investigaciones que se han revisado, protocolos de trabajo excéntrico se realizaban a través del trabajo en prensa de pierna (Barnes et al., 2018; Bazgir et al., 2016; Behringer et al., 2018; Loenneke et al., 2013; Mosavian et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Umbel et al., 2009; Wernbom et al., 2009 y Wilson et al., 2013), sentadilla o el curl femoral (Bahamondes-Avila et al., 2018), ejercicios de flexo-extensión de como el curl de bíceps (Brandner & Warmington, 2017; Curty et al., 2018; Thiebaud et al., 2013 y Thiebaud et al., 2014) o alguno que combina varios ejercicios: press banca, jalón al pecho, curl de bíceps y curl de tríceps (Neto et al., 2018), por lo tanto, no tenemos ningún antecedente donde se realice un protocolo de saltos con RPFS que nos sirva de referencia, por lo que elaboramos nuestro propio diseño.

En cuanto al volumen de trabajo, los protocolos clásicos de RPFS con objetivos de hipertrofia proponían 4 series de 30-15-15-15 repeticiones, con una única sesión de trabajo, dando lugar a un volumen de 300 repeticiones por sesión (Brandner & Warmington, 2017; Loenneke et al., 2013; Neto et al., 2018; Thiebaud et al., 2013; Thiebaud et al., 2014 y Wilson et al., 2013). En nuestro caso, al elegir un ejercicio de salto, que supone un nivel de intensidad mayor, hemos considerado que sería óptimo realizar la mitad de ese volumen para conseguir efectos similares, realizando así los sujetos 10 series de 15 saltos unipodales (150 saltos) en una única sesión.

La altura y longitud elegida para las vallas deberá ser una referencia que se adapte a cualquier sujeto independientemente de su tamaño y estatura, ya que el objetivo es que suponga un obstáculo suficiente que obligue al sujeto a aplicar su máxima fuerza de salto en cada repetición. Como el estímulo podría variar en función de la altura, peso y longitud de palancas de los sujetos, para estandarizar el esfuerzo que supone el mismo, les indicamos a los participantes que deben saltar siempre “realizando su máxima fuerza y alcanzando la máxima altura posible”. Usaremos vallas de 20 cm de altura, situadas aproximadamente a 50cm de distancia entre sí.

Teniendo en cuenta que la literatura revisada empleaba tiempos de descanso entre series que oscilaban entre 30 y 90 segundos (Bahamondes-Avila et al., 2018; Barnes et al., 2018; Behringer et al., 2018; Brandner & Warmington, 2017; Loenneke et al., 2013; Mosavian et al., 2018; Neto et al., 2018; Nielsen et al., 2017; Thiebaud et al., 2013; R. Thiebaud et al., 2014 y Wilson et al., 2013), en nuestro caso organizamos las series de tal forma que el sujeto tendrá una pausa aproximada de 20/30 segundos, ya que se le da un minuto para realizar los saltos y descansar el tiempo restante hasta completar el tiempo.

Como el salto unipodal requiere un componente técnico relativamente alto, por motivos de seguridad y control, optamos por hacer una breve fragmentación entre saltos en lugar de enlazar los quince consecutivos, ya que es normal que la técnica empeore según avanza el esfuerzo y se acumula fatiga, lo que podría incrementar el número de vallas tiradas, el riesgo de lesión, etc.

Por tanto, los saltos se realizan dentro de la misma serie de cinco en cinco de forma consecutiva, por lo que el sujeto enlaza cinco saltos, gira, repite cinco saltos en sentido de vuelta, gira de nuevo, y hace los últimos cinco saltos de la serie.

Otro de los elementos que debemos considerar es como y de que modo vamos a aplicar la oclusión venosa de los participantes. Es importante entender que la aplicación de oclusión venosa parcial, aunque se ha mostrado segura en personas sanas (Bazgir et al., 2016; Martins et al., 2018) existen una serie de riesgos a la hora de aplicarse (Martín-Hernández et al., 2018; Tabata et al., 2016), así como posibilidad de que el participante se encuentre con cierta incomodidad durante su aplicación. Por tanto, será fundamental, antes de iniciar el trabajo con los participantes, hacer una revisión de la literatura sobre los protocolos validados y seguros para su aplicación, así como la realización de ensayos previos para probar su uso, las sensaciones que provoca, posibles fallos que puedan surgir, etc. Además de formarse e informarse sobre la oclusión, será necesario informar a los participantes antes de las sesiones de las posibles sensaciones que surgen al realizar un entrenamiento con oclusión venosa parcial, como son el hormigueo o la sensación de inflamación (Sato, 2008) para evitar que puedan sentir cualquier duda durante el trabajo que les haga reducir su intensidad, modificar su forma de saltar o incluso decidir abandonar la investigación.

Los rangos de presión utilizada frecuentemente va desde los 90mmHg en los protocolos con menor presión (Bazgir et al., 2016), hasta los 210mmHg en los protocolos de mayor presión (Loenneke et al., 2013). En este caso, las revisiones se corresponden a estudios donde se usaban manguitos entre 3cm y 13,5cm (Loenneke et al., 2014), y en algún caso, ni siquiera se especificaba dicho grosor. En nuestro caso, tuvimos a nuestra disposición un manguito Oclusion Cuff Elite (7cm grosor x 15cm extensión) para realizar la oclusión, facilitados por el centro ATP Entrenamiento Personal. Teniendo en cuenta que es un rango de grosor medio-bajo en función de lo revisado, teniendo en cuenta el criterio de expertos consultados con experiencia con dicha herramienta, y asegurándonos siempre de que la presión no supere una percepción subjetiva de 7 sobre 10 (Wilson et al., 2013), determinamos que la presión óptima será 190-200 mmHg.

Asimismo, será importante estar atento por si el sujeto empieza a sentir durante la oclusión los síntomas del pre-síncope: sudoración excesiva, mareos o palidez (Martín-Hernández et al., 2018) para detectarlo lo posible y retirarle la cinta oclusiva evitando cualquier afectación sobre su estado físico y de salud.

En cuanto al momento de la oclusión, aunque la gran mayoría de trabajos ocluyen durante el ejercicio, nosotros queremos conocer si se producen estos mismos efectos ocluyendo al finalizar el ejercicio (durante el mismo tiempo que estaría ocluido en el ejercicio). Por tanto, tendremos 3 grupos de sujetos, dos grupos experimentales ocluidos durante y post ejercicio, y un grupo control, en el que optamos por hacer una oclusión ficticia (solo colocamos la cinta, sin insuflar presión al manguito) para que no se produzcan sesgos, al saber los participantes que iban a formar parte de un estudio sobre RPFS. Los grupos serían lo siguientes:

- Oclusión durante el ejercicio a 190-200mmHg durante 10 minutos (DUR)
- Oclusión post-ejercicio a 190-200mmHg durante 10 minutos (POST)
- Oclusión placebo durante el ejercicio durante 10 minutos (PLA)

Para el control del DMIE no contamos con ningún método de medición directa como valores obtenidos a través de diferentes pruebas médicas que utilizan otros autores en las investigaciones revisadas: ecografías musculares (Umbel et al., 2009), analíticas sanguíneas: CK, LDH, AU, IGF-1... (Allsopp & May, 2017; Mosavian et al., 2018; Sudo et al., 2015a), biopsias musculares (Nielsen et al., 2017; Wernbom, 2011), ultrasonidos: grosor muscular (Chen et al., 2012; Thiebaud et al., 2014; Wilson et al., 2013) o electromiografía (Barnes et al., 2018; Wernbom et al., 2009).

Por tanto, optamos por usar indicadores indirectos, que también han sido utilizados en otras investigaciones similares, como son la máxima contracción isométrica voluntaria máxima (Loenneke, Thiebaud, & Abe, 2013; Thiebaud et al., 2014; Umbel et al., 2009), en este caso unipodal (FIMU), y la máxima fuerza explosiva de salto, a través de la prueba de CMJ unipodal (Wilson et al., 2013) sobre una plataforma de contacto. Estos datos, además, serán complementados con indicadores subjetivos indirectos del daño, evaluado este a través del dolor percibido por el participante los días posteriores al entrenamiento con la escala EVA o VAS (Serrano, Caballero, Cañas, García-Saura y Prieto, 2002) y la percepción subjetiva de esfuerzo con la escala OMNI-RPE (Yamauchi, 2013), utilizada en varios de los estudios que hemos revisado (Loenneke et al., 2013 y Wernbom et al., 2009).

Teniendo en cuenta que necesitamos unos valores iniciales en las pruebas de FIMU y CMJu, así como un valor basal de la escala EVA, se realizará una sesión inicial de familiarización con los participantes, el día previo a la sesión de entrenamiento.

Al esperarse que el pico de DMIE aparezca entre las 24 y las 72 horas siguientes a la sesión de entrenamiento (Umbel et al., 2009), nos planteamos que se harán sesiones de control presenciales a las 24, 48 y 72 horas tras la sesión de entrenamiento, así como a los 6 días. El objetivo será ver la evolución en el rendimiento (FIMU y CMJu) los 3 días siguientes, así como la recuperación tras 6 días. En el caso de la percepción subjetiva de dolor (EVA), se registrará todos los días, desde la sesión de familiarización hasta el día 7 tras el entrenamiento.

Para la valoración subjetiva del dolor se usará una Escala Visual Analógica del dolor o EVA (Serrano, Caballero, Cañas, García-Saura y Prieto, 2002), incluida en el apartado de anexos de este trabajo. Esta escala aparece en la gran mayoría de los estudios sobre RPFS y DMIE (Behringer et al., 2018; Brandner & Warmington, 2017; Chen et al., 2012; Nielsen et al., 2017a; Umbel et al., 2009; Wernbom et al., 2009; Wilson et al., 2013), la cual se recogerá de manera presencial en las sesiones de control. Sin embargo, los días que los participantes no asistan a las instalaciones, se llevarán su propia hoja de registro, diseñada para que puedan tapar el registro del día anterior antes de cubrir el del propio día, a fin de no sesgar sus valoraciones. En esta escala, el sujeto marca en una de 10cm, el punto en el que se encuentra en cuanto a dolor (en este caso en la pierna entrenada). Posteriormente se mide en que punto se encuentra el sujeto, obteniendo los resultados en centímetros, siendo 0 el valor mínimo y 10 el valor máximo.

A fin de conseguir que los datos obtenidos acerca del mismo tengan la mayor validez posible, sería interesante que los participantes no realizasen entrenamiento alguno, al menos sobre el tren inferior, en el espacio temporal entre la sesión de entrenamiento y el día 7 tras el mismo (último control de la escala EVA). Para ello, solicitaremos a los participantes que durante esa semana eviten realizar entrenamiento de fuerza o resistencia que implique el trabajo de la musculatura del tren inferior, considerando que son personas físicamente activas y que alguna de ellas pueda verse obligada a incumplir estas indicaciones debido a obligaciones deportivas de competición. De todos modos, trataremos de minimizar al máximo este factor en la gran mayoría de participantes.

3.3 Población objeto

La muestra o población de nuestra investigación, una vez reclutados todos los participantes y descartados aquellos que no consideramos que pudiesen completar el estudio, fue formado por un total de 19 participantes (3 mujeres y 16 hombres), todos ellos con un estilo de vida activo, con práctica deportiva regular y sin lesiones de rodilla en los últimos 6 meses.

Los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente en los 3 grupos, haciendo una distribución continua según el orden de inscripción de los sujetos en cada uno de los grupos, cada sujeto nuevo se asignaba a un grupo, el siguiente al segundo grupo, el siguiente al tercer grupo y de nuevo se empezaba con el primer grupo.

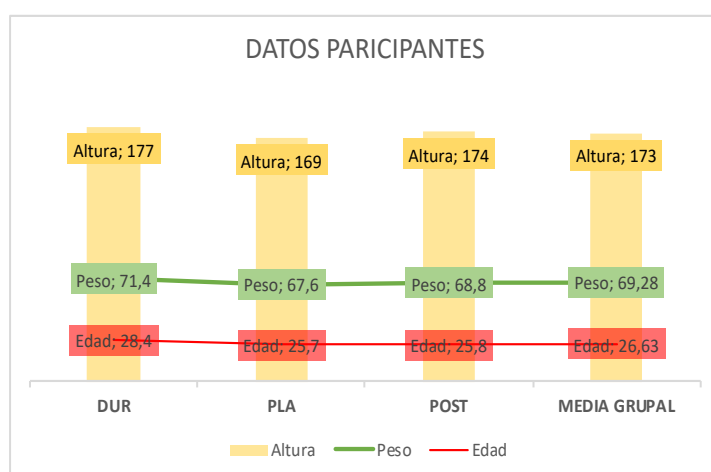
Durante la sesión de entrenamiento, 2 sujetos no pudieron completar el mismo, por lo que tuvieron que ser descartados.

A continuación, revisamos los datos descriptivos de la muestra final que participa en la investigación (17 sujetos).

Como podemos observar en la gráfica 1, el grupo que tuvo oclusión durante (DUR) es el que presenta sujetos con mayor edad (28,4 años), mayor estatura (1,77m) y un mayor peso corporal (71,4), estando formado dicho grupo por 4 hombres y 1 mujer, con una media de 2,5 días de entrenamiento de fuerza por semana.

El grupo placebo (PLA), presenta una edad de 25,7 años, con la menor media de estatura (1,69m) y el menor peso corporal (67,6kg), estando compuesto por 5 hombres y 1 mujer, con una media de 1 día de entrenamiento de fuerza por semana (3 de los 6 sujetos no entrenaban fuerza en el momento de las pruebas).

Por último, el grupo que tuvo la oclusión tras el ejercicio (POST), presenta unos datos intermedios y similares al promedio del total de sujetos, estatura (1,74m), peso corporal (69,2kg), estando compuesto por 5 hombres y 1 mujer, con una media de 1,7 entrenamientos de fuerza por semana (había 2 de los 6 sujetos que no estaban entrenando fuerza en el momento de la realización de la prueba).



Gráfica 1. Datos de los participantes

Fuente: Elaboración propia

3.4 Diagnóstico DAFO sobre el proyecto



Imagen 4. Análisis DAFO

Fuente: Elaboración propia

4. PROYECTO DE INTERVENCIÓN

4.1 Objetivos de la intervención

La intervención que vamos a realizar tiene como principal objetivo la puesta en funcionamiento del diseño experimental elaborado, la cual que nos permitirá comprobar de manera empírica, los objetivos que inicialmente nos planteamos en este trabajo, en función de los conocimientos y expectativas previos y en consonancia con la literatura que se ha revisado.

4.2 Recursos humanos y materiales

4.2.1 Recursos humanos

Para poder llevar a cabo el proyecto, los recursos humanos que han participado han sido:

- Gabriel Pita (alumno de CCAFD autor de este trabajo)
- Rafael Martín Acero (tutor de TFG, asesor/consultor)
- Dan Río (propietario de las instalaciones, facilitador de recursos materiales y asesor en el diseño de la investigación)
- David Monteagudo (investigador paralelo*)
- Sujetos voluntarios (19 sujetos que se someten al protocolo de entrenamiento)

*Esta persona ha participado de manera simultánea en la recogida de datos que se realiza, para poder utilizarlos en otro proyecto de investigación.

4.2.2 Recursos materiales e instalaciones

Los principales recursos materiales utilizados han sido los siguientes:

Generales:

- Ordenador portátil: Macbook Pro

Propios de la investigación:

- Instalaciones de ATP Entrenamiento Personal (Rúa Icaria 2/A, Oleiros)
- Manguitos oclusores “Occlusion Cuff Elite (85 x 7cm + 15cm extensión)”
- Vallas de salto (5 unidades)
- Cinta de correr “Assault Air Runner”
- Plataforma de medición de fuerza isométrica
- Kit de sensor de fuerza Chronojump
- Kit plataforma de contacto DIN A-3 Chronojump
- Folios y bolígrafos

Software:

- Chronojump
- Mendeley Desktop
- Microsoft Office Word y Excel
- Google Drive
- Google Forms
- Canva

4.3 Fases de desarrollo del proyecto

El desarrollo de nuestra intervención se estructura en una serie de fases o periodos que se detallan y especifican, por orden cronológico, a continuación:

1. Planteamiento inicial de la investigación y formulación de hipótesis

a. Objetivos:

- Realizar una integración de las ideas generales sobre entrenamiento de fuerza y oclusión a una temática específica para investigar
- Definir a grandes rasgos las líneas que se quieren seguir en la investigación
- Reflexionar sobre las aportaciones que puede hacer el entrenamiento oclusivo en el rendimiento deportivo
- Realizar las hipótesis en base a la documentación analizada y referencias de profesionales con experiencia en la temática concreta

b. Contenidos/tareas realizadas:

- Tormenta de ideas sobre aspectos relacionados con el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento oclusivo
- Consulta al tutor profesional del prácticum sobre aspectos relacionados con el entrenamiento oclusivo desde su experiencia profesional
- Revisión de bibliografía básica y general sobre entrenamiento oclusivo y sus beneficios

c. Metodología utilizada

- Brain storming
- Consulta de expertos
- Revisión bibliográfica en bases de datos

2. Definición de la investigación

a. Objetivos

- Definir los aspectos que se quieren investigar con sus objetivos correspondientes
- Elaborar un diseño experimental en base a los objetivos planteados
- Formular las hipótesis en base a nuestro modelo experimental

b. Contenidos/tareas realizadas

- Revisión bibliográfica exhaustiva sobre el entrenamiento oclusivo, entrenamiento excéntrico y DMIE
- Reflexión en base a la documentación encontrada sobre que y como puede ayudar el entrenamiento oclusivo al rendimiento deportivo
- Formulación de objetivos en base a datos encontrados y las reflexiones realizadas
- Elaboración de un diseño experimental que permita aceptar o refutar las hipótesis planteadas
- Elaboración de un protocolo de entrenamiento para el estudio
- Elaboración de un protocolo de control de DMIE para el estudio

c. Metodología utilizada

- Revisión bibliográfica
- Técnica de formulación de objetivos
- Elaboración de diseños experimentales

3. Prueba piloto del protocolo, reclutamiento de participantes, asignación de participantes a grupos y realización de valoraciones iniciales

a. Objetivos

- Probar el diseño experimental previamente a la aplicación a los participantes
- Reclutar participantes voluntarios para nuestro estudio experimental por diferentes vías
- Realizar hojas de consentimiento informado para los participantes
- Asignar los participantes a los grupos experimentales que hemos diseñado
- Realizar la sesión de valoración inicial y familiarización con los participantes

b. Contenidos/tareas realizadas

- Realización por parte del investigador y ayudantes del protocolo
- Elaboración de cartel promocional del estudio
- Difusión por redes sociales del cartel e información del estudio
- Elaboración de un cuestionario de Google Forms para recopilar datos de los participantes
- Elaboración de consentimiento informado para los participantes
- Asignación aleatoria de los participantes a los diferentes grupos
- Realización de valoraciones iniciales y familiarización

c. Metodología utilizada

- Elaboración de carteles con el software Canva
- Elaboración de cuestionario con Google Forms
- Registro de datos personales mediante cuestionario
- Familiarización con el protocolo de ejercicio por parte de los participantes

4. Realización de las sesiones de entrenamiento y control con los participantes

a. Objetivos

- Realizar la sesión de entrenamiento diseñada en la condición experimental asignada en función del grupo
- Realizar el control diario del dolor a través de la escala EVA/VAS
- Realizar sesiones de control los días asignados de manera presencial

b. Contenidos/tareas realizadas

- Realización de la sesión de entrenamiento (1) por parte de todos los participantes
- Realización de las sesiones de control de FIMU y CMJu (4) por parte de todos los participantes
- Realización de las sesiones de control diario EVA por parte de todos los participantes

c. Metodología utilizada

- Entrenamiento pliométrico con RPFS
- Test de FIMU y CMJu
- Escala visual analógica (EVA)

5. Análisis de los datos recogidos

a. Objetivos

- Analizar los datos obtenidos en nuestro estudio experimental
- Realizar una explicación descriptiva de los resultados

b. Contenidos/tareas realizadas

- Análisis de datos en Excel
- Análisis descriptivo de los resultados

c. Metodología utilizada

- Análisis estadístico básico de los datos (media, desviación típica, % incrementos...)
- Análisis objetivo y descriptivo de resultados

6. Presentación de los resultados finales y conclusiones

a. Objetivos

- Relacionar los resultados con los conocimientos previos
- Emitir un juicio de valor sobre los resultados obtenidos
- Elaborar conclusiones acerca de los resultados encontrados

b. Contenidos/tareas realizadas

- Revisión de los datos y sus referencias en la bibliografía
- Redacción del juicio de valor y las conclusiones

4.4 Tareas específicas realizadas

4.4.1 Respecto a los sujetos

Elementos de seguridad para el participante:

- Elaboración obligatoria de un consentimiento informado sobre la investigación por parte de los participantes (incluido en los anexos del trabajo)
- Elaboración de valoraciones iniciales para prevenir posibles complicaciones durante las sesiones de entrenamiento
- Realización de calentamiento estandarizado y adaptado a las necesidades de la sesión de entrenamiento posterior para prevenir lesiones
- Revisión bibliográfica sobre los protocolos seguros de aplicación de BFR y utilización de estos en nuestras sesiones

- Permitir el abandono voluntario de la participación de cualquier sujeto durante cualquier fase de la investigación

Elementos facilitadores:

- Adaptabilidad horaria en varias franjas para realizar las sesiones

4.4.2 Respecto al entorno

- No se contemplan riesgos para el entorno medioambiental, al realizarse en un lugar cerrado y no generar contaminación alguna
- Principio de integración total de las personas: participación de diferentes sexos, grupos de edad, clases socioeducativas, etc.

4.5 Resumen de la intervención

Diseño y metodología

El estudio desarrolló con un total de 19 sujetos (16 hombres y 3 mujeres), los cuales hacían o habían hecho entrenamiento de fuerza con anterioridad, con una media de 1,6 días por semana ($\pm 0,6$). La edad media de los participantes fue de 26,6 años ($\pm 1,53$), su estatura media de 177cm ($\pm 4,04$) y el peso corporal medio de 69,3kg ($\pm 1,94$).

Los sujetos se asignaron de manera aleatoria a 3 situaciones experimentales diferentes: (a) oclusión durante el ejercicio (DUR), (b) oclusión post ejercicio (POST) y (c) placebo (PLA).

La oclusión se realizó con el instrumento Oclusion Cuff Elite (7cm grosor x15cm extensión), colocando el manguito en la parte más proximal de la extremidad inferior que realizaba los saltos (pierna dominante), con una presión de 190-200 mmHg, situada en la zona más proximal de la pierna (Imagen 7).

Todos los participantes realizaron una sesión inicial de familiarización de 20 minutos de duración, en la cual se estableció cual era su pierna dominante (hábil) y se realizó una medición de su fuerza isométrica máxima unipodal (FIMU) utilizando el mid thigh pull test (con la pierna dominante), y su máxima fuerza de salto unipodal (MFSU) de la pierna dominante con el test CMJ unipodal (CMJu).

Antes de cada sesión (familiarización, entrenamiento y controles), se realizó un calentamiento estandarizado (Imagen 5), de 4 minutos de duración, que incluía las siguientes tareas:

- 60 segundos de carrera en tapiz a 10 km/h
- 20 segundos de plancha abdominal frontal
- 20 segundos de plancha lateral (derecha e izquierda)
- 10 sentadillas
- 10 equilibrios monopodales (derecha e izquierda)
- 10 saltos reactivos laterales (derecha e izquierda)
- 10 saltos reactivos frontales (derecha e izquierda)



Imagen 5. Protocolo de calentamiento estandarizado

Fuente: Elaboración propia

En el test de FIMU (Imagen 6) se realizaron siempre (tanto en la familiarización como en las posteriores aplicaciones a lo largo de la investigación) 3 intentos por cada sujeto, aplicando el 50%, el 70% y el 100% de su fuerza máxima, respectivamente, en cada uno de esos intentos, descansando 60 segundos entre cada intento. En el caso del CMJu (Imagen 6), se realizaron también 3 intentos, en este caso máximos, y se tomó el mejor valor alcanzado por el sujeto, descansando 30 segundos entre cada salto.



Imagen 6. Test CIMU y CMJu

Fuente: Elaboración propia

Al día siguiente de haber sido familiarizados, se registra el nivel basal de dolor (escala EVA) y se repiten las mediciones FIMU y CMJu; previo realizar el entrenamiento.

La sesión de entrenamiento se realizó inmediatamente después. Esta sesión consistió en 10 series de 15 saltos unipodales de vallas (20cm de altura con 50cm de separación), con un minuto de tiempo para realizar los saltos y descansar, lo que supone un total de 10 minutos de duración, con el manguito colocado durante esos 10 minutos (grupo DUR y PLA). En el caso del grupo POST, la oclusión se realiza justo al acabar la última serie de saltos, durante el mismo tiempo que si hubiera sido ocluido durante el ejercicio (10 minutos).



Imagen 7. Colocación del manguito oclusor y disposición de las vallas para el entrenamiento

Fuente: Elaboración propia

Nada más finalizar la sesión, se repitieron los test de FIMU (en este caso, un solo intento, al 100%) y CMJu, además de registrar su dolor muscular percibido con la escala EVA y su percepción subjetiva de esfuerzo con la escala Omni – RPE.

Se realizaron sesiones de control diario para observar la evolución del dolor percibido a través de la escala EVA, autocumplimentada por los participantes, durante los 6 días siguientes (incluido el del entrenamiento). Asimismo, se realizaron sesiones de control del rendimiento (FIMU y CMJu) a las 24, 48 y 72 horas, así como a los 6 días tras la sesión de entrenamiento de manera presencial por parte de los sujetos.

En la siguientes tabla e imagen resumimos la estructura, distribución semanal y tareas realizadas en cada sesión, de modo resumido, en un cronograma.

Familiarización	Entrenamiento	Control 1 (24h)	Control 2 (48h)
Toma de datos personales	Calentamiento estandarizado		
Establecimiento de dominancia lateral	Escala EVA	Calentamiento estandarizado	Calentamiento estandarizado
Calentamiento estandarizado	Test FIMU y CMJu	Escala EVA	Escala EVA
Test FIMU y CMJu	Entrenamiento	Test FIMU y CMJu	Test FIMU y CMJu
	RPE		
	Escala EVA		
	Test FIMU y CMJu		
Control 3 (72h)	Control 4 (120h)	Control 5 (144h)	Control 6 (6 días)
Calentamiento estandarizado			Calentamiento estandarizado
Escala EVA	Escala EVA	Escala EVA	Escala EVA
Test FIMU y CMJu			Test FIMU y CMJu

Tabla 4. Cronograma de la intervención y tareas realizadas cada día

Fuente: Elaboración propia

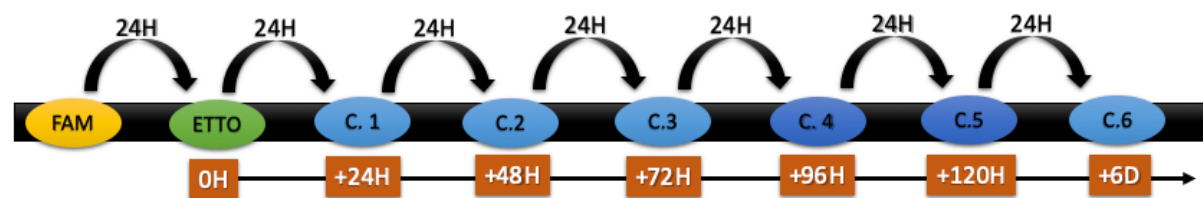


Imagen 8. Cronograma de la intervención

Fuente: Elaboración propia

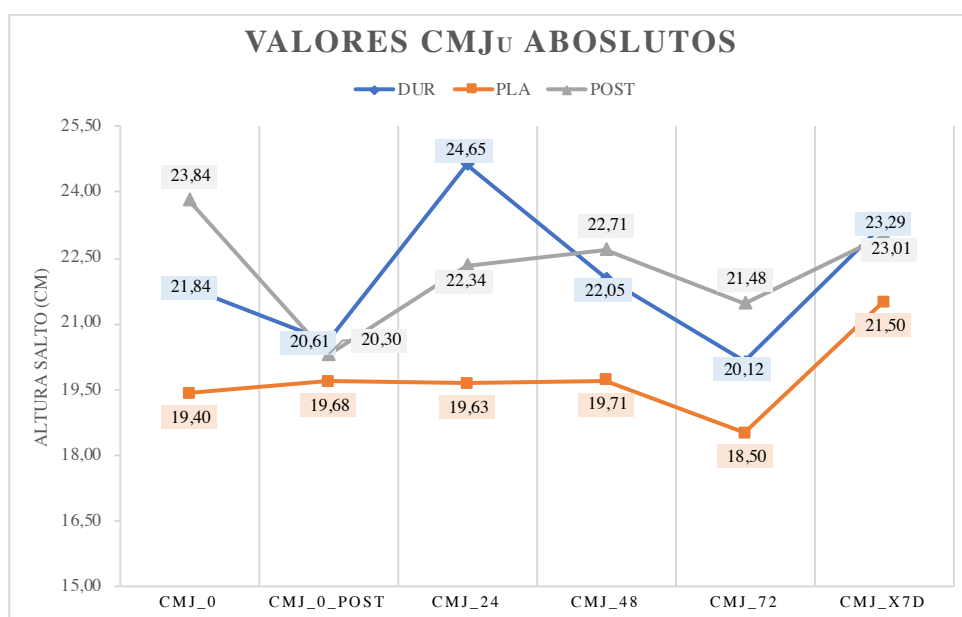
Resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos tras la intervención en fuerza isométrica máxima unipodal (FIMU), fuerza de salto unipodal (CMJu) y percepción subjetiva de dolor con escala visual analógica (EVA). Los datos se presentarán en términos absolutos y normalizados (incrementos y/o decrementos respecto al valor basal inicial).

Fuerza de salto unipodal (CMJu)

Tanto en la gráfica 2 como en la tabla 5 observamos como inicialmente, en los datos tomados en la sesión de entrenamiento, antes del mismo, (CMJ_0), el grupo POST es el que más salta (23,8cm), seguido del grupo DUR (21,8cm) y con el grupo PLA de último (19,4cm).

Observamos como en la medición realizada después del protocolo de salto (y la oclusión de ser el caso), los 2 grupos que más saltan (DUR y POST) manifiestan un empeoramiento de su rendimiento (disminución de entre 1,5 y 2,5 cm), sin embargo, el grupo PLA no sufre apenas variación.



Gráfica 2. Valores absolutos (en cm) alcanzados por los participantes en el CMJu

Fuente: Elaboración propia

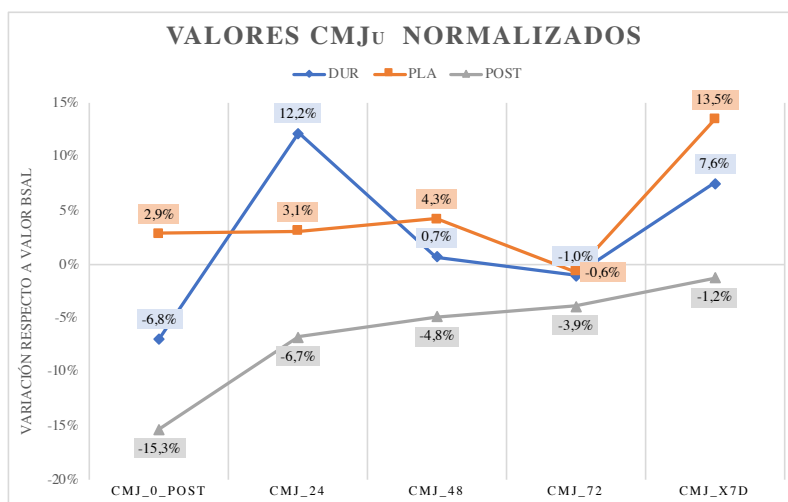
	DUR	PLA	POST
CMJ_0	21,84 (±5,77)	19,40 (±5,51)	23,84 (±3,71)
CMJ_0_POST	20,61 (±6,58)	19,68 (± 5,06)	20,30 (± 4,30)
CMJ_24	24,65 (± 8,86)	19,63 (± 4,67)	22,34 (±5,21)
CMJ_48	22,05 (±6,04)	19,71 (± 3,59)	22,71 (±3,97)
CMJ_72	20,12 (±6,50)	18,50 (± 3,18)	21,48 (± 3,86)
CMJ_7D	23,29 (± 5,48)	21,50 (± 4,40)	23,01 (± 3,43)

Tabla 5. Altura de salto (en cm) en las pruebas de CMJu

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la evolución en las siguientes horas, tal y como refleja la gráfica 3, podemos observar como a las 24 horas el grupo DUR mejora en su capacidad de salto en un 12,2%, sin embargo, el grupo POST, ha sufrido un decremento (-6,7%) y el grupo PLA se mantiene en valores muy similares con una variación del 3,1%.

A las 48 horas podemos observar una caída del rendimiento en el grupo DUR (hasta el 0,7% desde el 12,2%), y una mejoría en los grupos PLA y POST (de 3,1% a 4,3% y de -6,7% a -4,8% respectivamente). A las 72 horas se produce una recuperación del rendimiento en el grupo POST (hasta -3,9%), el grupo DUR se muestra estable (-1%) y el grupo PLA cae (-0,6%). Los datos tras 6 días post entrenamiento (CMJ_x7D), muestran una supercompensación en los grupos PLA y DUR (incrementando en 2cm y 1,45cm respectivamente) su valor inicial, y con un retorno al valor inicial en el grupo POST.

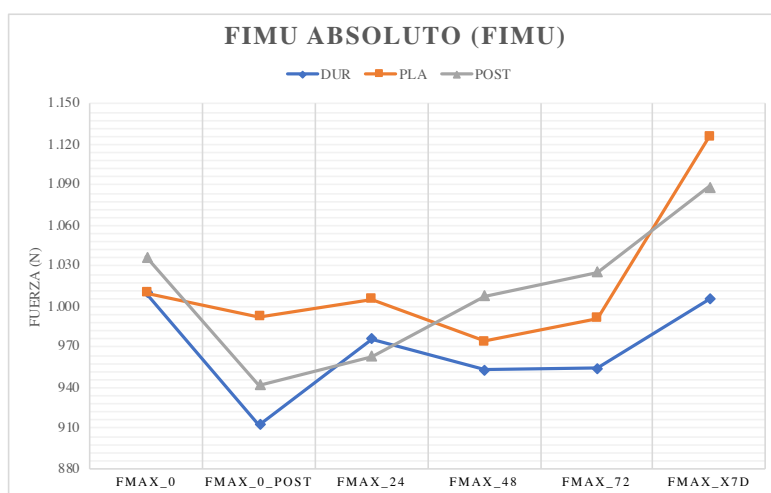


Gráfica 3. Variaciones sufridas por los participantes en el CMJu respecto a su valor basal

Fuente: Elaboración propia

Fuerza isométrica máxima unipodal (FIMU)

Si observamos las mediciones de la fuerza isométrica máxima unipodal (FIMU), tal y como reflejan la gráfica 4 y la tabla 6, podemos ver que los valores basales (FMAX_0) de los 3 grupos son similares, con un valor de 1010N (± 27 N) en los 3 grupos. Tras realizar el protocolo de saltos, vemos como hay una notable caída del rendimiento, principalmente en los grupos que han sido ocluidos (DUR y POST), con una caída de -9,9% y -8,7% respectivamente, mientras que el grupo PLA apenas cae un -0,7%.



Gráfica 4. Valores absolutos (en N) alcanzados por los participantes en el test FIMU

Fuente: Elaboración propia

	DUR	PLA	POST
FMAX_0	1010 (± 89)	1010 (± 233)	1037 (± 144)
FMAX_0_PT	912 (± 132)	993 (± 189)	942 (± 107)
FMAX_24	976 (± 78)	1006 (± 251)	963 (± 125)
FMAX_48	953 (± 151)	975 (± 171)	1008 (± 120)
FMAX_72	955 (± 145)	992 (± 196)	1026 (± 164)
FMAX_7D	1005 (± 90)	1126 (± 296)	1089 (± 208)

Tabla 6. Fuerza aplicada (en N) por cada grupo a lo largo de las pruebas de FIMU

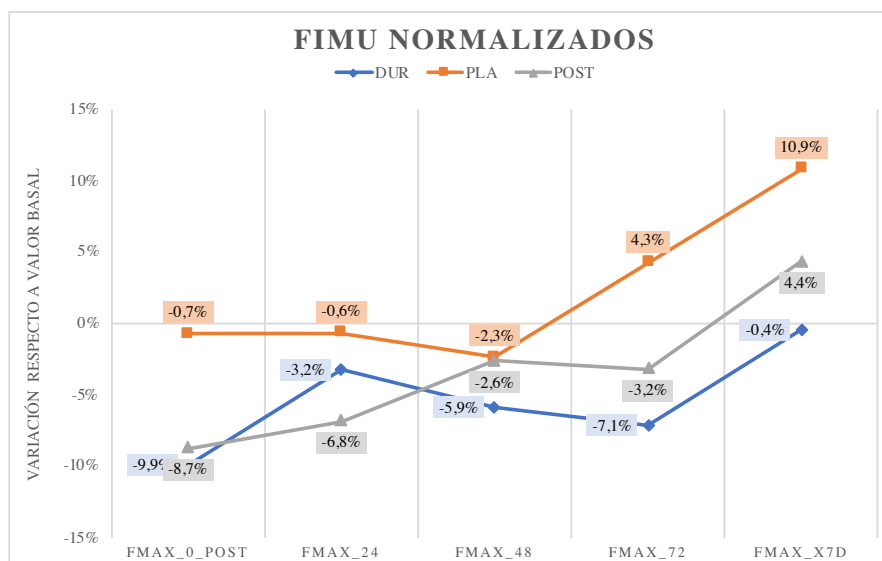
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 5, observamos que a las 24 horas los grupos que más se habían visto afectados recuperan su rendimiento parcialmente, con -3,2% el grupo DUR y -6,8% el grupo POST, mientras que el grupo PLA se mantiene prácticamente igual que en la medición anterior (-0,6%).

A las 48 horas, encontramos que los valores se asemejan entre los 3 grupos, produciéndose una caída del rendimiento de nuevo, sobre todo entre el grupo PLA y POST (-2,3% y -2,6%), y un -5,9% en el caso del grupo DUR.

A las 72 horas se produce una mayor caída de rendimiento en el caso de los grupos DUR y POST (-7,1% y -3,2%), mientras que el grupo PLA muestra una mejora del 4,3%.

A los 6 días (FMAX_x7D), tanto el grupo POST como el grupo PLA muestran una recuperación e incluso una mejoría del rendimiento inicial (4,4% y 10,9% respectivamente), y el grupo DUR se queda a -0,4% de volver a los valores basales.



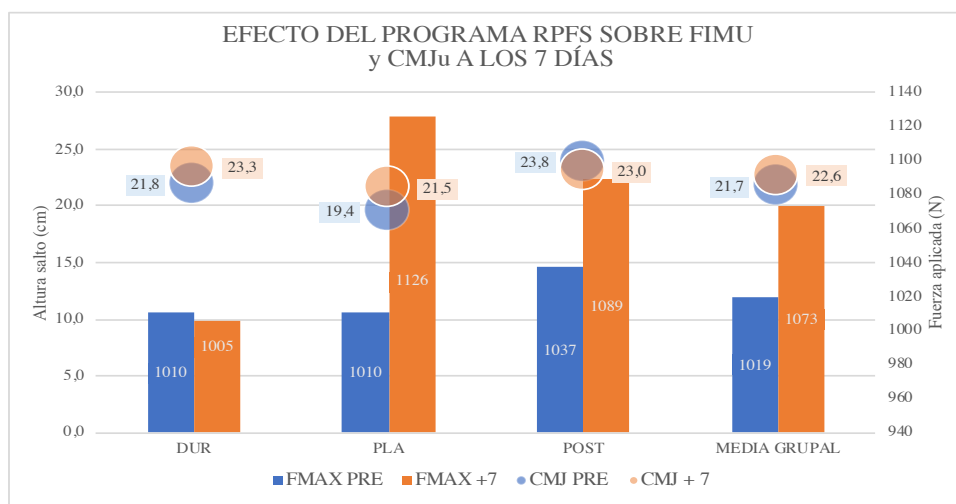
Gráfica 5. Variaciones sufridas por los participantes en el FIMU respecto a su valor basal a lo largo de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Efecto de la intervención sobre FIMU y CMJu tras 6 días

Como podemos observar en la gráfica 6, tanto el grupo PLA como el DUR han mejorado su salto en 2,1cm y 1,5cm respectivamente, mientras que los del grupo POST empeoraron 0,8cm. En cuanto a la FMIU, el grupo PLA incrementó su fuerza en 116N, el grupo POST en 52N y el grupo DUR, se mantuvo prácticamente igual, reduciendo 5N.

Los valores medios del total de los sujetos muestran una mejoría de 0,9cm en el salto y de 54N de fuerza.



Gráfica 6. Comparativa del efecto del programa de RPFS en las variables de FIMU y CMJu en los diferentes grupos y valores medios

Fuente: Elaboración propia

Daño muscular inducido por el ejercicio DMIE

Tanto en la gráfica 7 como en la tabla 7, observamos que el grupo DUR fue el que presentaba el menor nivel basal de dolor (0,6cm), estando con valores similares el grupo POST (0,88cm), y ligeramente superiores el grupo PLA (1,58cm).

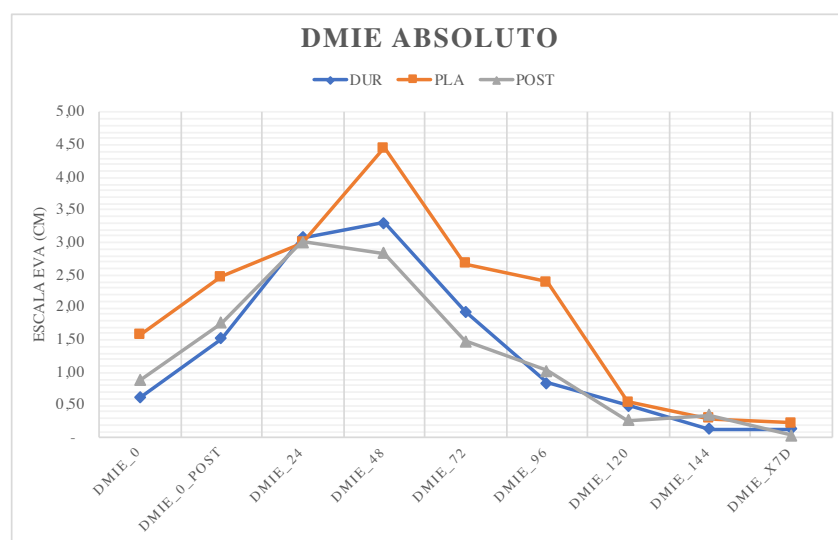
Teniendo en cuenta esto, si analizamos los valores referidos por los sujetos en las siguientes horas, en términos absolutos, podemos ver como la tendencia inicial se mantiene similar con un ligero incremento después de la sesión de entrenamiento (DOMS_0_POST), situándose a las 24h en un valor prácticamente idéntico en los 3 grupos (en torno a los 3cm).

A las 48 horas se observa un pico de DMIE, mostrando los valores más altos el grupo PLA (4,45cm), seguido del DUR (3,30 cm) y del POST (2,83cm).

A partir de las 72 horas comienzan a disminuir en los 3 grupos, recuperando los valores iniciales a las 96 horas tanto en el grupo DUR como en el POST (0,84cm y 1cm respectivamente), no así en el grupo PLA (2,40cm).

A los 6 días los 3 grupos vuelven a valores basales e incluso se observa que su nivel es menor que al inicio.

Aunque a nivel absoluto los valores más elevados han sido los del grupo PLA (sin oclusión), si observamos la gráfica 8 que contiene los datos normalizados, vemos que el incremento mayor fue el sufrido por el grupo DUR, sobre todo desde las 24 hasta las 96 horas después del ejercicio, con incrementos desde el 1433% hasta el 369% en esos días. El grupo PLA muestra un incremento intermedio, que va desde el 1016% hasta el 140% desde las 24 hasta las 96 horas. El grupo POST fue el que tuvo un incremento menor, desde el 406% hasta el 29% en el mismo periodo de tiempo (24-96 horas). Los 3 grupos alcanzan a partir de las 120 horas sus niveles iniciales, e incluso un ligero decremento en los mismos.



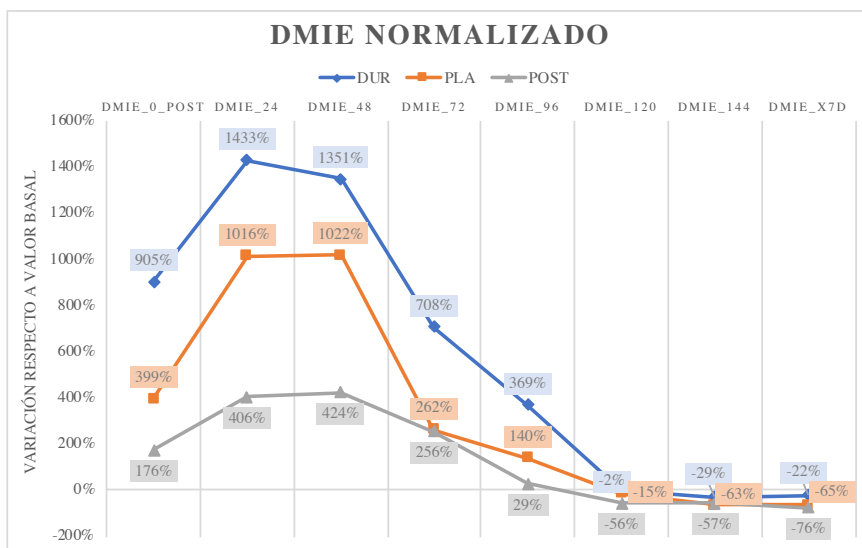
Gráfica 7. Valores absolutos (en cm) reportados en la escala EVA

Fuente: Elaboración propia

	DUR	PLA	POST
DOMS_0	0,62 (±1,08)	1,58 (±1,55)	0,88 (±0,60)
DOMS_0_PT	1,52 (±1,70)	2,48 (±1,63)	1,77 (±1,31)
DOMS_24	3,08 (±2,15)	3,00 (±1,48)	3,02 (±1,91)
DOMS_48	3,30 (±2,96)	4,45 (±0,90)	2,83 (±1,96)
DOMS_72	1,94 (±2,11)	2,68 (±1,99)	1,48 (±0,81)
DOMS_96	0,84 (±0,90)	2,40 (±1,33)	1,03 (±1,05)
DOMS_120	0,50 (±0,79)	0,55 (±0,62)	0,27 (±0,24)
DOMS_144	0,14 (±0,22)	0,30 (±0,60)	0,35 (±0,71)
DOMS_7D	0,14 (±0,22)	0,23 (±0,45)	0,03 (±0,08)

Tabla 7. DOMS/DMIE (en cm) por cada grupo reportados en la escala EVA

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 8. Variaciones sufridas por los participantes en el DMIE respecto a su valor basal

Fuente: Elaboración propia

Discusión y conclusiones

Como hemos podido observar, tras el entrenamiento pliométrico realizado por los participantes, con un alto componente excéntrico, se produce una caída del rendimiento en todos los sujetos inmediatamente después de la sesión y durante las horas y días posteriores al mismo. Esta disminución del rendimiento (tanto en FIMU como en CMJu) pone de manifiesto que ha existido un DMIE, datos que se ven corroborados al observarse como esto se acompaña de un incremento en los valores referidos en la escala visual analógica que los participantes cumplieron diariamente.

Sin embargo, es importante que este análisis sea más pormenorizado, atendiendo a los objetivos de nuestra investigación, pasaremos a comentar como han variado estos 3 aspectos (FMIU, CMJu y DMIE) en cada uno de los grupos experimentales y responder a las cuestiones planteadas al inicio de este estudio.

Conocer el efecto de una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal sobre la aparición y percepción subjetiva de DMIE

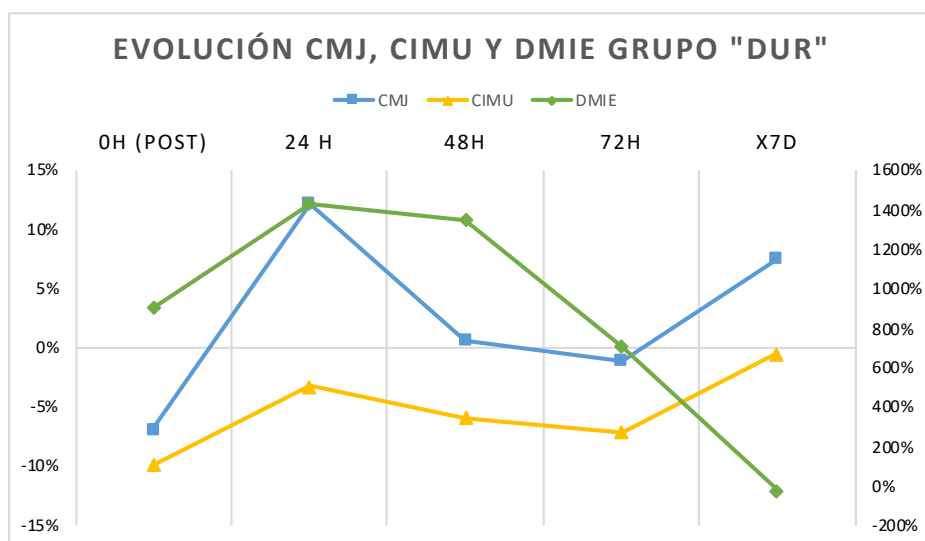
En cuanto a la primera cuestión que nos planteamos, sobre conocer el efecto de una sola sesión de entrenamiento pliométrico (150 saltos) sobre la aparición y percepción de DMIE, podemos observar que el efecto agudo se manifiesta ya nada más terminar la sesión de entrenamiento (0H POST) en los 3 grupos, manifestado a través del incremento de los valores en la escala EVA. Sin embargo, debemos destacar que el grupo que tuvo la oclusión durante el ejercicio (DUR), fue la que sufrió un mayor incremento del DMIE a nivel subjetivo (905%), frente al grupo PLA (399%) y el grupo POST (176%).

Comprobar cuanto y durante cuanto tiempo influye una sesión de entrenamiento pliométrico unipodal en el rendimiento específico de salto de un deportista en diferentes condiciones (con RPFS durante, RPFS post y sin RPFS)

En segundo lugar, queríamos conocer cuanto y durante cuanto tiempo influye esta sesión de entrenamiento en el rendimiento de los participantes (en este caso, en CMJU y CMJ).

Como podemos observar en las gráficas de "EVOLUCIÓN", tanto en el grupo DUR como en el grupo POST, el rendimiento de salto cae justo después de la sesión, al igual que la FIMU, aunque en el caso del grupo DUR cae más la FIMU y en el grupo POST cae más el CMJU. En el caso del grupo PLA, la caída de la FMIU es menor que en los otros dos grupos, y en el caso del CMJU, incluso se produce un efecto de potenciación nada más finalizar la sesión, es decir, saltaban más tras haber hecho el entrenamiento.

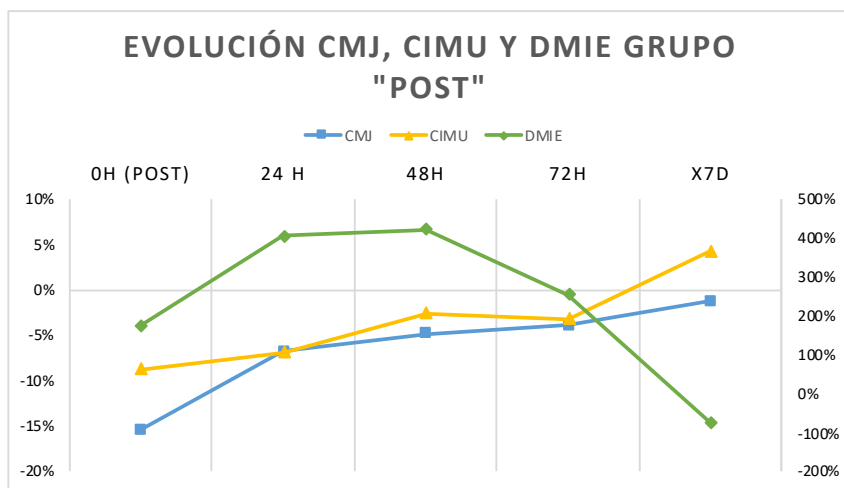
El grupo DUR, a las 24 horas muestra una recuperación en la FIMU y una mejora el CMJU, encontrando en este momento una mejora en la capacidad de saltar de los sujetos, que curiosamente coincide con el día en el que muestran mayor nivel de DMIE de forma subjetiva. Este efecto se desvanece a las 48-72 horas, volviendo a valores basales, mientras que la FIMU continua sin recuperarse. No es hasta los 6 días, cuando se observa que, coincidiendo con la desaparición del dolor subjetivo (escala EVA), la FIMU vuelve a valores basales y se logra mejorar la capacidad de saltar respecto al inicio.



Gráfica 9. Evolución de CIMU, CMJU y DMIE en el grupo "DUR"

Fuente: Elaboración propia

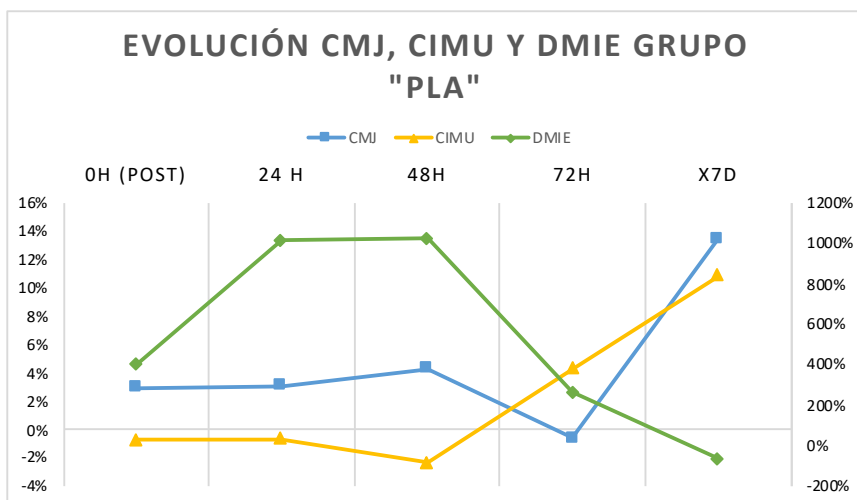
El grupo POST, va recuperando linealmente tanto los valores de CMJu como los de FIMU, al mismo tiempo que los valores de dolor subjetivos se van reduciendo, logrando a los 6 días mejorar la FIMU, pero no así la capacidad de salto, quedándose en valores ligeramente inferiores a los basales.



Gráfica 10. Evolución de CIMU, CMJu y DMIE en el grupo "POST"

Fuente: Elaboración propia

El grupo PLA, muestra desde las 24h siguientes una mejora en el CMJu, que se incrementa incluso a las 48 horas, sufriendo una bajada a las 72 horas y una notable mejoría a los 6 días. En cuanto a la FMIU, se mantiene por debajo de los valores iniciales hasta las 48 horas, y cuando se observa la antes mencionada caída del CMJu, la FIMU mejora a niveles por encima de los iniciales, llegando igualmente a los 6 días al mayor incremento.



Gráfica 11. Evolución de CIMU, CMJu y DMIE en el grupo "PLA"

Fuente: Elaboración propia

Comprobar el efecto de la aplicación de RPFS sobre la aparición de DMIE en comparación con la aplicación posterior al ejercicio, así como la no aplicación de restricción

Si analizamos el potencial efecto de la RPFS sobre la aparición de DMIE, podemos decir que el uso de los protocolos de oclusión durante el ejercicio va a provocar mayores niveles de percepción subjetiva de dolor que la no oclusión, mientras que la oclusión post ejercicio se muestra incluso más ventajosa que la no oclusión sobre la percepción subjetiva de dolor. Además, si analizamos el DMIE en base al rendimiento del sujeto, los protocolos post ejercicio son los que se muestran como peores opciones, siendo los que más y durante más tiempo afectan a la capacidad de producir fuerza de los participantes. Si nos centramos en la fuerza explosiva, la opción de la oclusión durante el ejercicio podría presentarse como una posibilidad para buscar una potenciación a las 24 horas, aunque no así si el objetivo es la fuerza máxima. La no oclusión parece mostrar los resultados intermedios, ya que, aunque no se produce ese pico de rendimiento a las 24 horas, es la que muestra una mayor mejoría tras 6 días después del entrenamiento.

Conclusiones:

En vista de los resultados obtenidos y su análisis pormenorizado, si atendemos a parámetros de rendimiento (FIMU y CMJu), podemos concluir que un entrenamiento pliométrico de 150 saltos unipodales como el realizado, puede provocar disminución en la fuerza máxima unipodal tanto si se aplica en combinación con RPFS (durante o post ejercicio) como en ausencia de esta. Sin embargo, la recuperación en el rendimiento se alcanza a las 72 horas en el grupo sin ocluir (PLA), mientras que los grupos que usan oclusión (DUR y POST) tardan más de estas 72 horas en recuperarse.

La caída en la FIMU en condiciones de RPFS coincide con los resultados de Wernbom (2011), que encontraba una caída mayor en los valores de CMV de los sujetos que entrenaban con RPFS, sin embargo no existían datos concluyentes acerca de que hubiera niveles más elevados de daño muscular, por lo que esta caída de FIMU (en ese caso CMV) podría deberse más a la fatiga que al daño muscular en si mismo, algo que cobra sentido si unimos esta explicación con los resultados de la escala EVA de percepción subjetiva de dolor. En este caso, los hallazgos sobre el tiempo que dura la percepción subjetiva de dolor (hasta las 96 horas), coinciden con otros estudios revisados, que referían esos mismos datos en las escalas de dolor subjetivo que ellos utilizaban (Umbel et al., 2009; Wernbom, 2011) y además, se encuentra que, aunque el mayor incremento lo manifestaba el grupo con oclusión durante el ejercicio (DUR), el mayor

valor absoluto de percepción subjetiva de dolor la alcanza el grupo que no es ocluido (PLA), algo que coincide con los resultados observados en estudios similares (Bazgir et al., 2016). La caída de los valores de la escala EVA mayor a las 24-48 horas en los grupos que habían sido ocluidos (DUR y PLA), también concuerdan con los datos de estudios que comparaban un mismo ejercicio excéntrico utilizando oclusión y sin utilizar la misma (Curty et al., 2018). Podríamos valorar la opción de utilizar la oclusión post ejercicio si nuestro objetivo es que los deportistas tengan una baja percepción subjetiva de dolor las horas siguientes al entrenamiento, ya que ocluir al finalizar el ejercicio hace que la valoración subjetiva de dolor sea incluso menor que la no oclusión. Este efecto podría producirse debido al incremento del volumen sanguíneo que se produce en la pierna que es ocluida tras el ejercicio, y que pueda beneficiar de algún modo los procesos de recuperación, sobre todo a nivel periférico.

Por otra parte, observamos que la capacidad de salto del deportista podría verse beneficiada a las 24 horas, tanto en el grupo ocluido durante el ejercicio (DUR) como en el grupo sin oclusión (PLA), mientras que el grupo con oclusión al finalizar el ejercicio (POST) tarda más de 6 días en volver a sus valores iniciales e incluso mejorarlos.

Entre otros factores, es posible que esta mejora en el salto producida en los sujetos que forman parte del grupo DUR y PLA se deba a que inicialmente eran los grupos con los sujetos que menos centímetros saltaban, y haya habido un aprendizaje del propio movimiento del salto y una mejora técnica. Aunque es cierto que estos valores inferiores puedan deberse a menores niveles de fuerza (ambos grupos tienen 1010N en el test FIMU antes de la sesión frente a los 1037 del grupo POST), es probable que haya influido la técnica en la realización del salto, ya que, a pesar de que son los grupos que a las 24 horas muestran mayor incremento en la percepción subjetiva de dolor (donde cabría esperar una mayor caída del rendimiento, que si se observa en el grupo DUR en la FIMU), esto no ocurre en su capacidad de salto, posiblemente debido a que la realización de una sesión de entrenamiento de fuerza haya provocado un aumento en la *stiffness* muscular de estos sujetos, y que tras el calentamiento (que puede atenuar la percepción de dolor), se vean beneficiados en su rendimiento.

De todos modos, estos datos deben ser interpretados con cautela, pues aunque es cierto que los que más mejoran son los del grupo PLA, éstos eran los que tenían un mayor potencial de “entrenabilidad”, ya que era el grupo más joven, con menor días de entrenamiento de fuerza por semana de media y donde la mitad de los participantes no entrenaban fuerza en ese momento, por lo que el mismo protocolo, pudo suponer un estímulo de entrenamiento mayor que para los demás participantes.

Como conclusión final, y aceptando las limitaciones presentes en nuestro estudio, podemos decir que el entrenamiento con RPFS durante el ejercicio se muestra como una opción válida para aplicar como método de entrenamiento (con la finalidad concreta que se aplique), sin que tenga por que verse afectado excesivamente su rendimiento los días siguientes, asumiendo que nuestros deportistas pueden ver incrementada su percepción subjetiva de dolor las siguientes horas, pero que pueden suponer un incremento a las 24 horas de su capacidad de salto.

Sin embargo, si hablamos de un deporte donde precisamos un alto nivel aplicación de fuerza sin componente elástico-explosivo que participe, no sería recomendable el uso de la RPFS, pues la fatiga que se genera se prolonga casi durante 6 días.

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN

5.1 Evaluación de la propuesta

El proyecto de intervención que hemos propuesto a través de nuestro estudio piloto ha sido supervisado antes, durante y después de su realización.

Las personas encargadas de supervisar y evaluar el mismo han sido principalmente Dan Rio Rodríguez (colaborador en la elaboración del TFG) y Gabriel Pita Patiño (alumno y autor de este trabajo), asimismo, contaba con la supervisión y aprobación del Tutor del TFG Rafael Martín Acero.

5.2 Criterios de evaluación utilizados

Los criterios de evaluación que se han utilizado en los diferentes momentos han sido:

- **Antes**
 - Similitud entre el entrenamiento planteado en la intervención y la revisión bibliográfica realizada
 - Similitud entre el protocolo de oclusión planteado en la intervención y la revisión bibliográfica realizada
 - Cumplimiento de los requisitos legales (LOPD)
- **Durante**
 - Seguimiento del cronograma y plan de intervención establecido
 - Seguimiento de las precauciones de seguridad planteadas
 - Cumplimiento de la ley de protección de datos y consentimiento informado
- **Después**
 - Cumplimiento de los objetivos iniciales de la intervención
 - Proposición de futuras líneas de investigación

5.3 Posibilidades de aplicación y propuestas de futuro

En vista de los resultados obtenidos, la rapidez en el aprendizaje en su uso, así como la bibliografía que avala su seguridad y resultados para determinados objetivos (ganancias de masa muscular y recuperación de lesiones), consideramos que el entrenamiento con RPFS se puede incorporar a casi cualquier centro de entrenamiento, club deportivo o

entidad que lo considere útil, más aún considerando que el coste económico de los oclusores se sitúa en torno a los 85€.

Sin embargo, creemos que sería necesario que se realicen más investigaciones al respecto, estandarizando los protocolos de entrenamiento (en volumen e intensidad) y oclusión (en tiempo y presión), y aplicados en poblaciones que tengan un nivel de práctica deportiva mayor, ya que esto permitiría obtener resultados más consistentes al respecto y con una mayor aplicabilidad práctica.

6. REFLEXIÓN SOBRE LAS CAPACIDADES DEL ALUMNO Y PLANTEAMIENTOS DE SU FORMACIÓN PARA EL FUTURO

6.1 Competencias necesarias para el desarrollo de esta intervención y reflexión sobre si se encuentran adquiridas

Código	Competencias do título	Reflexión
A1	Comprender os beneficios do deporte como experiencia de lecer para ser capaz de incluír os indicadores fundamentais na planificación e atender os mesmos no desenvolvemento da práctica de lecer, considerando o xénero, a idade e a discapacidade, e analizando con enfoque crítico as estratexias de discriminación positiva.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirida ao longo da miña formación no grao.
A2	Comprender os procesos históricos das actividades físico-deportivas e a súa influencia na sociedade contemporánea, estudando o caso de España e Galicia, e a presenza diferenciada dos homes e das mulleres.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirida ao longo da miña formación no grao.
A3	Coñecer e analizar a cultura deportiva e propoñer os cambios necesarios, na propia e na das persoas coas que traballa, desde a ética e o xogo limpo, as diferenzas de xénero e a visibilidade dos discapacitados.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirida ao longo da miña formación no grao.
A4	Coñecer e comprender as bases que aporta a educación física á formación das persoas.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirida ao longo da miña formación no grao.

A5	Fomentar a convivencia, estimulando e poñendo en valor a capacidade de constancia, esforzo e disciplina dos participantes nas actividades de educación física e deportiva.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A6	Deseñar e ordenar estratexias e espazos de aprendizaxe que respondan á diversidade social (sexo, xénero, idade, discapacidade, culturas...) e ao respecto dos dereitos que conforman os valores que aporta a educación física e deportiva á formación integral dos cidadáns.	Esta competencia axudoume a comprender que era necesario realizar unha intervención na que se captase persoas de ambos sexos, polo que se realizaron carteis con imaxes femininas a fin de captar un maior número de mulleres.
A7	Promover e avaliar a formación de hábitos de actividade física e deporte ao longo do ciclo vital, considerando que a idade, o xénero ou a discapacidade son variables que necesitan da intervención consciente para favorecer a igualdade de oportunidades.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A8	Deseñar, desenvolver, e avaliar os procesos de ensino – aprendizaxe, relativos á actividade física e o deporte, con atención e titorización segundo as características individuais e contextuais das persoas (xénero, idade, discapacidade, culturas, etc.).	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A9	Elaborar propostas curriculares para as distintas etapas no marco institucional dun centro educativo, desenvolvendo os elementos da programación didáctica da área de E. Física, con arranxo á lexislación vixente e ao proxecto educativo de centro.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

A10	Coñecer os distintos niveis da lexislación educativa e aplicar os fundamentos básicos que promove en canto á Planificación e Programación Didáctica da Educación Física nas etapas educativas.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A11	Posuír o conxunto de habilidades ou competencias docentes que faciliten o proceso de ensino-aprendizaxe na aula de educación física.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A12	Avaliar e elaborar instrumentos de recollida de datos que atendan aos aprendizaxes do alumno, ao proceso de ensino en sí e á función del docente.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A13	Identificar as principais tarefas do profesor de educación física dentro e fóra da aula, resaltando as que fan referencia á súa labor tutorial, orientadora e departamental.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A14	Deseñar, planificar, avaliar técnico-cientificamente e desenvolver programas de exercicios orientados á prevención, a reeducación, a recuperación e readaptación funcional nos diferentes ámbitos de intervención: educativo, deportivo e de calidade de vida, considerando, cando fose necesario as diferenzas por idade, xénero, ou discapacidade.	Esta competencia axudoume a comprender a importancia de deseñar protocolos que vaian dirixidos á prevención e recuperación de lesións
A15	Coñecer, saber seleccionar e saber aplicar as técnicas de modificación de conduta que pode utilizar o profesional de Educación Física e Deportes nos diferentes ámbitos da súa competencia laboral.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

A16	Deseñar, programar e desenvolver actividades esenciais da motricidade humana: o xogo, a danza e a expresión corporal, o exercicio e as actividades no medio natural, no ámbito educativo, recreativo e da actividade física e saúde, promovendo a igualdade de dereitos e oportunidades e evitando a exclusión en función do xénero e a discapacidade.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirido ao longo da miña formación no grao.
A17	Programar e desenvolver actividades físico-deportivas no medio natural, no contexto educativo e recreativo, favorecendo a participación á que todos teñen dereito e evitando a invisibilidade por razóns de xénero ou discapacidade.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que foi adquirido ao longo da miña formación no grao.
A18	Deseñar e aplicar métodos adecuados para o desenvolvemento e a avaliación técnico-científica das habilidades motrices básicas nas diferentes etapas evolutivas do ser humano, considerando o xénero.	Esta competencia servíume para seleccionar como se pode avaliar o rendemento dos participantes na investigación.
A19	Planificar, desenvolver, controlar e avaliar técnica e cientificamente o proceso de adestramento deportivo nos seus distintos niveis e nas diferentes etapas da vida deportiva, de equipos con miras á competición, tendo en conta as diferenzas biolóxicas entre homes e mulleres e a influencia da cultura de xénero na actuación do adestrador e nos deportistas.	Esta competencia foi fundamental para poder realizar un axeitado deseño, desenvolvemento, control e avaliación durante toda a investigación.

A20	Deseñar, planificar e realizar funcións de animación para a utilización saudable do lecer.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A21	Deseñar, planificar e realizar actividades físicas e deportivas en lugares ou espazos que implican un risco intrínseco: no medio acuático, na neve ou outros do medio natural ou con animais.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A22	Comprender os fundamentos neurofisiolóxicos e neuropsicolóxicos subxacentes ao control do movemento e, de ser o caso, ás diferenzas por xénero. Ser capaz de realizar a aplicación avanzada do control motor na actividade física e o deporte.	Esta competencia axudoume a comprender e interpretar os resultados obtidos despois da recollida de datos da investigación.
A23	Avaliar técnica e cientificamente a condición física e prescribir exercicios físicos nos ámbitos da saúde, o deporte escolar, a recreación e o rendemento deportivo, considerando as diferenzas biolóxicas por idade e xénero.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A24	Deseñar, planificar, avaliar técnica e cientificamente e administrar programas de actividade física adaptada a persoas e diferentes grupos de poboación con discapacidade, ou que requiran atención especial.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A25	Identificar e comprender os requisitos psicomotores e sociomotores das habilidades deportivas, executando basicamente as habilidades motrices	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

	específicas dun conxunto de deportes, considerando as diferenzas por xénero.	
A26	Identificar e aplicar as peculiaridades didácticas de cada especialidade deportiva na intención pedagóxica dos diferentes ámbitos de intervención.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A27	Aplicar os principios cinesiolóxicos, fisiolóxicos, biomecánicos, comportamentais e sociais nos contextos educativo, recreativo, da actividade física e saúde e do adestramento deportivo, recoñecendo as diferenzas biolóxicas entre homes e mulleres e a influencia da cultura de xénero nos hábitos de vida dos participantes.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A28	Realizar e interpretar probas de valoración funcional nos ámbitos da actividade física saudables e do rendemento deportivo.	Esta competencia servíume para a realización de probas de valoración do rendemento necesarias para a investigación
A29	Identificar os riscos para a saúde que se derivan da práctica de actividade física insuficiente e inadecuada en calquera colectivo ou grupo social.	Esta competencia servíume para detectar posibles riscos durante a práctica
A30	Aplicar técnicas e protocolos que lle permitan asistir como primeiro interviniente en caso de accidente ou situación de emerxencia, aplicando, de ser necesario, os primeiros auxilios.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, asimismo considero non tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
A31	Realizar a análise funcional da conduta nos contextos deportivos, educativos ou de exercicio físico para a saúde, como paso previo á intervención psicolóxica.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

A32	Dirixir e xestionar servizos, actividades, organizacións, centros, instalacións, programas e proxectos de actividade física e deportiva desde os principios de igualdade de oportunidades, supervisando e avaliando a calidade, as garantías de seguridade e saúde dos usuarios, así como a súa satisfacción e os resultados sociais e económicos.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que se adquiriu ao longo da miña formación no grao.
A33	Seleccionar e saber utilizar o material e equipamento deportivo adecuado para cada tipo de actividade físico-deportiva no contexto educativo, deportivo, recreativo e da actividade física e saúde.	Esta competencia servíume para poder seleccionar o material e equipamento necesario e de calidade para a intervención
A34	Realizar actos facultativos de elaboración de informes técnicos e peritaxes, asesorar e inspeccionar sobre actividade deportiva, instalacións e programas deportivos.	Considero que esta competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero que se adquiriu ao longo da miña formación no grao.
A35	Coñecer e saber aplicar o método científico nos diferentes ámbitos da actividade física e o deporte, así como saber deseñar e executar as técnicas de investigación precisas, e a elección e aplicación dos estatísticos adecuados.	Esta competencia é básica para poder desenvolver o TFG no seu conxunto, pero considero que a formación neste ámbito podería ser maior.
A36	Coñecer e saber aplicar as novas tecnoloxías da información e a imaxe, tanto nas ciencias da actividade física e do deporte, como no exercicio profesional.	Esta competencia servíume para utilizar softwares de rexistro de datos e análise

B1	Coñecer e posuír a metodoloxía e estratexia necesaria para a aprendizaxe nas ciencias da actividade física e do deporte.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B2	Resolver problemas de forma eficaz e eficiente no ámbito das ciencias da actividade física e do deporte.	Esta competencia servíume para solventar os problemas que foron xurdindo o longo de todo o proceso
B3	Traballar nos diferentes contextos da actividade física e o deporte, de forma autónoma e con iniciativa, aplicando o pensamento crítico, lóxico e creativo.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B4	Traballar de forma colaboradora, desenvolvendo habilidades, de liderado, relación interpersoal e traballo en equipo.	Esta competencia servíume tanto no traballo cooperativo cos colaboradores como no liderado dos participantes
B5	Comportarse con ética e responsabilidade social como cidadán.	Esta competencia servíume para asegurar a protección de datos dos participantes e a súa seguridade
B6	Dinamizar grupos nos diferentes ámbitos do exercicio profesional.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B7	Xestionar a información.	Esta competencia foi fundamental para poder xestionar o gran volumen de datos que xurdiron durante todo o proceso
B8	Desenvolver hábitos de excelencia e calidade nos diferentes ámbitos do exercicio profesional.	Esta competencia servíume para realizar un traballo coa intención de obter un traballo de gran calidade

B9	Comprender a literatura científica do ámbito da actividade física e o deporte en lingua inglesa e en outras linguas de presenza significativa no ámbito científico.	Esta competencia foi fundamental para realizar a revisión bibliográfica
B10	Saber aplicar as tecnoloxías da información e comunicación (TIC) ao ámbito das Ciencias da Actividade Física e do Deporte.	Esta competencia servíume para utilizar plataformas de contacto, sensores de forza e programas informáticos coma o Chronojump
aB11	Desenvolver competencias para a adaptación a novas situacións e resolución de problemas, e para a aprendizaxe autónoma.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B12	Coñecer os principios éticos necesarios para o correcto exercicio profesional e actuar de acordo con eles.	Esta competencia servíume para poder xestionar a información e os datos dos participantes
B13	Coñecer e aplicar metodoloxías de investigación que faciliten a análise, a reflexión e cambio da súa práctica profesional, posibilitando a súa formación permanente.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, e considero non tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B14	Comprender e aplicar a lexislación vixente relativa ao marco das actividades físicas e deportivas nos distintos ámbitos: educación, deporte, xestión, lecer e saúde.	Esta competencia servíume para garantir a integridade dos participantes
B15	Comprender e saber utilizar as importantes posibilidades que a educación física e o deporte teñen para xerar hábitos sociais e valores democráticos (coeducación de xéneros, respecto á diversidade social e cultural, cooperación, competición respectuosa, compromiso co contorno...).	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

B16	Dominar habilidades de comunicación verbal e non verbal necesarias no contexto da actividade física e o deporte.	Estas competencias axudáronme durante a realización das sesións cos participantes
B17	Promover e avaliar actividades de ampliación curricular, referentes á creación de hábitos autónomos de actividade física e deporte.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B18	Comprometerse e involucrarse socialmente coa súa profesión e en concreto, coa situación actual da actividade física e o deporte na educación formal; coa xestión do centro educativo; cos seus compañeiros (traballo cooperativo) e con aqueles aos que educa.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
B19	Exercer a profesión con responsabilidade, respecto e compromiso.	Esta competencia servíume para realizar un TFG asumindo a máxima responsabilidade durante todo o proceso
B20	Coñecer, reflexionar e adquirir hábitos e destrezas para a aprendizaxe autónoma e o traballo en equipo a partir das prácticas externas en algún dos principais ámbitos de integración laboral, en relación ás competencias adquiridas no grao que se verán reflectidas no traballo fin de grao.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero tela adquirido ao longo da miña formación no grao.
C1	Expresarse correctamente, tanto de forma oral coma escrita, nas linguas oficiais da comunidade autónoma.	Esta competencia será necesaria para a elaboración escrita do TFG e a súa defensa pública
C2	Dominar a expresión e a comprensión de forma oral e escrita dun idioma estranxeiro.	Considero que está competencia non é estrictamente necesaria no caso da miña intervención, e considero non tela adquirido ao longo da miña formación no grao.

C3	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.	Esta competencia servíume para facer a recollida e análise de datos así como o seu procesamento
C4	Desenvolverse para o exercicio dunha cidadanía aberta, culta, crítica, comprometida, democrática e solidaria, capaz de analizar a realidade, diagnosticar problemas, formular e implantar solucións baseadas no coñecemento e orientadas ao ben común.	Considero que esta competencia non é estritamente necesaria no caso da miña intervención, e considero non a adquirida ao longo da miña formación no grao.
C5	Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras.	Considero que esta competencia non é estritamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero a adquirida ao longo da miña formación no grao.
C6	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben afrontarse.	Considero que esta competencia non é estritamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero a adquirida ao longo da miña formación no grao.
C7	Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida.	Considero que esta competencia non é estritamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero a adquirida ao longo da miña formación no grao.
C8	Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade	Considero que esta competencia non é estritamente necesaria no caso da miña intervención, pero considero a adquirida ao longo da miña formación no grao.

Tabla 8. Competencias del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Fuente: Elaboración propia (extraído de la UDC)

6.2 Carencias para la intervención y formación futura

Considero que casi todas las competencias necesarias para desenvolver mi TFG están cubiertas suficientemente, como he reflejado con anterioridad. Sin embargo, creo que la formación respecto a la revisión bibliográfica y el manejo de bases de datos es insuficiente, algo que he tenido que solventar a base de ensayo-error, y que me ha supuesto una “pérdida” de tiempo en aspectos más técnicos sobre la búsqueda que en la búsqueda en si mismo.

Considero que la formación sobre investigación, atendiendo a la búsqueda bibliográfica, análisis crítico de artículos científicos, interpretación de resultados y elaboración de documentos de este carácter, debería empezar a desarrollarse desde el inicio de la formación, y que debe mantenerse una vez finalizado el grado, ya que es una herramienta básica y fundamental para poder estar constantemente actualizado, sea cual sea el ámbito profesional de ocupación del egresado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Allsopp, G. L., & May, A. K. (2017). Can low-load blood flow restriction training elicit muscle hypertrophy with modest inflammation and cellular stress, but minimal muscle damage? *Journal of Physiology*, *595*(22), 6817–6818. <https://doi.org/10.1113/JP275149>
- Bahamondes-Avila, C., Lagos, J., Bustos, M., Alvarez-Castillo, J., Berral de la Rosa, F., & Salazar, L. (2018). Effects of lower limb training with partial restriction of blood flow on muscle strength and systemic biomarkers of muscle damage and inflammation. *International Journal of Morphology*, *36*(4), 1210–1215. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022018000401210>
- Barnes, M. J., Fraser, J., Coley, K., & Perry, B. (2018). Is Postexercise Blood Flow Restriction a Viable Alternative to Other Resistance Exercise Protocols? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *136*7. <https://doi.org/10.1080/02701367.2018.1510170>
- Bazgir, B., Valojerdi, M. R., Rajabi, H., Fathi, R., Ojaghi, S. M., Emami Meybodi, M. K., ... Asgari, A. (2016). Acute Cardiovascular and Hemodynamic Responses to Low Intensity Eccentric Resistance Exercise with Blood Flow Restriction. *Asian Journal of Sports Medicine*, *7*(4), 1–7. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=121091919&lang=es&site=ehost-live>
- Behringer, M., Heinke, L., Leyendecker, J., & Mester, J. (2018). Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions. *The Journal Of Physiological Sciences: JPS*, *68*(5), 589–599. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0568-2>
- Bowman, E. N., Elshaar, R., Milligan, H., Jue, G., Mohr, K., Brown, P., ... Limpisvasti, O. (2019). Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. *Sports Health*, *11*(2), 149–156. <https://doi.org/10.1177/1941738118821929>
- Brandner, C. R., & Warmington, S. A. (2017). Delayed onset muscle soreness and perceived exertion after blood flow restriction exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(11), 3101–3108. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001779>
- Chen, T. C., Tseng, W. C., Huang, G. L., Chen, H. L., Tseng, K. W., & Nosaka, K. (2012). Low-intensity eccentric contractions attenuate muscle damage induced by subsequent maximal eccentric exercise of the knee extensors in the elderly. *European journal of applied physiology* (Vol. 113). <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2517-3>

- Cometti, G. (1998). *La pliometría*. Barcelona: editorial INDE
- Curty, V. M., Melo, A. B., Caldas, L. C., Guimarães-Ferreira, L., de Sousa, N. F., Vassallo, P. F., ... Barauna, V. G. (2018). Blood flow restriction attenuates eccentric exercise-induced muscle damage without perceptual and cardiovascular overload. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 38(3), 468–476. <https://doi.org/10.1111/cpf.12439>
- González-Badillo, J. J., & Ribas, J. (2014). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Editorial INDE
- Heitkamp, H. (2015). Training with blood flow restriction. Mechanisms, gain in strength and Safety. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 446–456. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84944678187&partnerID=40&md5=9a3add45bc04a262511f2f41eec5faef>
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
- Kotzamanidis, C. (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 441–445. <https://doi.org/10.1519/R-16194.1>
- Lixandrao, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceicao, M. S., Damas, F., ... Roschel, H. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(2), 361–378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Mattocks, K. T., Abe, T., & Bembien, M. G. (2013). Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. *Frontiers in Physiology*, 4, 1-3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00249>
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2014). Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), E415–E422. <https://doi.org/10.1111/sms.12210>

- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Abe, T., & Bembien, M. G. (2014). Blood flow restriction pressure recommendations: The hormesis hypothesis. *Medical Hypotheses*, 82(5), 623–626. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2014.02.023>
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., & Bembien, M. G. (2013). Blood flow restriction does not result in prolonged decrements in torque. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4), 923–931. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2502-x>
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bembien, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: A meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849–1859. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>
- Serrano, M., Caballero, J., Cañas, A., García-Saura, P.L., Serrano-Álvarez, C., & Prieto, J. (2002). Valoración del dolor {I}. *Revista Sociedad Española Del Dolor*, 9(2), 94–108. Retrieved from: http://revista.sedolor.es/pdf/2002_02_05.pdf
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349 – 355. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035113>
- Martín-Hernández, J., Santos-Lozano, A., Foster, C., & Lucia, A. (2018). Syncope Episodes and Blood Flow Restriction Training. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(6), e89–e91. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000496>
- Martins, M. S. R., Salles, B., Marocolo, M., & Maior, A. S. (2018). Blood flow restriction training promotes hypotensive effect in hypertensive middle-age men. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 35(3), 162–167. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053416559&partnerID=40&md5=2da3c9b5ab99f573c825e772d7fbb189>
- Mosavian, A., Gaeini, A. A., Hemmatinafar, M., Kordi, M. R., & Nori, R. (2018). Effect of low-intensity eccentric resistance training with blood flow restriction on the activation and proliferation indicators of satellite cells. *Hormozgan Medical Journal*, 22(2), 95–102. <https://doi.org/10.29252/hmj.22.2.95>
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Goncalves, M. M., Batista, G. R., & Cirilo-Sousa, M. S. (2018). Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 104–110. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1283430>

- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Prokhorova, T. A., Nygaard, T., Bech, R. D., Suetta, C., & Frandsen, U. (2017a). Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage. *The Journal of Physiology*, 595(14), 4857–4873. <https://doi.org/10.1113/JP273907>
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333–345. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00333.x>
- Rossi, F., De Freitas, M., Zanchi, N., Lira, F., & Cholewa, J.(2018). The role of inflammation and immune cells in blood flow restriction training adaptation: A review. *Frontiers in Physiology*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01376>
- Sato, Y. (2008). The history and future of KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.1>
- Yamauchi, S. M. (2013). Rating of Perceived Exertion for Quantification of the Intensity of Resistance Exercise. *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 01(09), 1–4. <https://doi.org/10.4172/2329-9096.1000172>
- Spranger, M., Krishnan, A., Levy, P., O’Leary, D., & Smith, S. A. (2015). Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: A call for concern. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 309(9), H1440–H1452. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00208.2015>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Sudo, M., Ando, S., Poole, D. C., & Kano, Y. (2015a). Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. *Physiological Reports*, 3(7). <https://doi.org/10.14814/phy2.12449>
- Sudo, M., Ando, S., Poole, D. C., & Kano, Y. (2015b). Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. *Physiological Reports*, 3(7), 1-10. <https://doi.org/10.14814/phy2.12449>
- Tabata, S., Suzuki, Y., Azuma, K., & Matsumoto, H. (2016). Rhabdomyolysis after performing blood flow restriction training: A case report. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2064–2068. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001295>

- Thiebaud, R., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Kim, D., Ye, X., Abe, T., ... Bembien, M. G. (2014). Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 101(2), 150–157. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.101.2014.2.3>
- Thiebaud, R., Yasuda, T., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2013). Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. *Interventional Medicine & Applied Science*, 5(2), 53–59. <https://doi.org/10.1556/IMAS.5.2013.2.1>
- Umbel, J. , Hoffman, R., Dearth, D., Chleboun, G., Manini, T., & Clark, B. (2009). Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 687–695. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1175-6>
- Wernbom, M., Järrebring, R., Andreasson, M. A., & Augustsson, J. (2009). Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2389–2395. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bc1c2a>
- Wernbom, M. (2011). Effects of an acute bout of low-load resistance training with blood flow restriction:-with special reference to muscle damage, hypertrophic signaling and satellite cells (Dissertation from the norwegian school of sport sciences). Retrieved from: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/154818/MWernbom_Drgrad_07112011.pdf
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 3068–3075. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828a1ffa>

8. ANEXOS

ANEXO I. Consentimiento informado (hoja de información al participante y LOP)

TÍTULO: *Efecto del entrenamiento con restricción parcial del flujo sanguíneo sobre el daño muscular inducido por el ejercicio y el rendimiento deportivo*

INVESTIGADOR PRINCIPAL: GABRIEL PITA PATIÑO

Este documento tiene por objeto ofrecerle información sobre un **estudio de investigación** en el que se le invita a participar. Este estudio se está realizando desde la Facultad de Ciencias do Deporte y la Educación Física (INEF Galicia), Universidade da Coruña.

Si decide participar en el mismo, debe recibir información personalizada del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que necesite para comprender los detalles sobre el mismo. Si así lo desea, puede llevar el documento, consultarlo con otras personas, y tomarse el tiempo necesario para decidir si participar o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Vd. puede decidir no participar o, si acepta hacerlo, cambiar de opinión retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones.

¿Cuál es el propósito del estudio?

El objetivo de este estudio es conocer la influencia de la aplicación de oclusión parcial venosa (BFR), durante la realización de una sesión de entrenamiento pliométrico y conocer sus efectos sobre el daño muscular generado por el mismo.

Para ello se realizarán unas mediciones antes del inicio del experimento, unos test de fuerza (CMJ) en cada una sesiones y una escala de percepción subjetiva del dolor (EVA) diariamente, que permitirán determinar los efectos que ha tenido el entrenamiento sobre el daño generado en la estructura muscular y su capacidad funcional. El ejercicio que se realizará durante la sesión de entrenamiento es el salto de vallas horizontal unipodal.

¿Por qué me ofrecen participar a mí?

La selección de las personas invitadas a participar depende de unos criterios que están descritos en el protocolo de la investigación. Estos criterios sirven para seleccionar a la población en la que se responderá el interrogante de la investigación. Vd. es invitado a participar porque potencialmente cumple esos criterios, al ser una persona sana, mayor de edad y adaptada al entrenamiento de fuerza.

¿En qué consiste mi participación?

El estudio consistirá en 1 valoración inicial (sesión de familiarización), 1 sesión de entrenamiento y 4 sesiones de seguimiento control, que seguirán la siguiente estructura:

Para garantizar unas condiciones experimentales adecuadas se deberá:

- Realizar todas las pruebas en la misma franja horaria según la disponibilidad individual
- No ingerir alimentos, alcohol, productos con cafeína ni tabaco en las 2-3 horas previas a cada intervención
- No modificar de manera significativa la alimentación de los días previos.
- No haber realizado un esfuerzo alto o inusual 24 horas antes, manteniendo el régimen habitual de actividad física en todo caso
- Llevar ropa y calzado adecuado y cómodo.

Es necesario que si Vd. decide participar en este estudio, se comprometa a asistir a las sesiones de toma de datos. En el momento en que la falta de asistencia sea repetida y provoque que no se cumplan los periodos de tiempo fijados, se decidirá a apartarle del estudio.

¿Qué riesgos o inconvenientes tiene?

La realización de las cargas de trabajo diseñadas puede generar fatiga y dolor muscular de aparición tardía (“agujetas”) ... Para reducir cualquier riesgo de lesión, todas las valoraciones irán precedidas por un calentamiento específico diseñado y dirigido por un especialista. Las ejecuciones de los ejercicios serán supervisadas por al menos un investigador, que prestarán la ayuda necesaria al participante.

Si durante el transcurso del estudio se conociera información relevante que afecte a la relación entre el riesgo y el beneficio de la participación, se le transmitirá para que pueda decidir abandonar o continuar.

¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. El único beneficio es conocer que influencia tiene sobre el daño muscular, la aplicación del entrenamiento oclusivo durante el entrenamiento de fuerza.

¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?

Si Vd. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio.

También podrá recibir los resultados de las pruebas que se le practiquen si así lo solicita. Estos resultados pueden no tener aplicación clínica ni una interpretación clara, por lo que, si quiere disponer de ellos, deberían ser comentados con el investigador principal del estudio.

¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán publicados el repositorio RUC de trabajos académicos de la UDC para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda llevar a la identificación de los participantes.

¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?

El tratamiento, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto por el RGPD UE 2016/679 sobre de protección de datos de carácter personal. En todo momento, Vd. podrá acceder a sus datos, corregirlos o cancelarlos.

Sólo el equipo investigador tendrá acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Se podrá transmitir a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de los datos equivalente, como mínimo, al exigido por la normativa de nuestro país. La transmisión de datos a terceros tiene por finalidad el realizar un análisis más exhaustivo de algunos parámetros registrados que por razones técnicas no podrían ser analizados en nuestro laboratorio.

¿Existen intereses económicos en este estudio?

Vd. no será retribuido por participar.

Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales o patentes. En este caso, Vd. no participará de los beneficios económicos originados.

Todas las mediciones se llevarán a cabo en las instalaciones de ATP Entrenamiento Personal (Rúa Icaria, Oleiros), por lo que en ningún caso se contempla el alquiler o arrendamiento de instalaciones.

¿Quién me puede dar más información?

Puede contactar con *Gabriel Pita en el teléfono 676 80 18 15* o *dirección de correo* gabriel.pita.patino@udc.es para más información.

Muchas gracias por su colaboración.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: *Efecto de la oclusión parcial venosa (BFR) sobre el daño muscular provocado por el entrenamiento de fuerza*

Yo, _____

- He leído la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, he podido hablar con **Investigador principal** y hacerle todas las preguntas sobre el estudio necesarias para comprender sus condiciones y considero que he recibido suficiente información sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones.
- Accedo a que se utilicen mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.
- Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Respeto a la conservación y utilización futura de los datos y/o muestras detallada en la hoja de información al participante,

- NO accedo a que mis datos sean conservados una vez terminado el presente estudio
- Accedo a que mis datos se conserven una vez terminado el estudio, siempre y cuando sea imposible, incluso para los investigadores, identificarlos por ningún medio
- Accedo a que los datos se conserven para usos posteriores en líneas de investigación relacionadas con la presente, y en las condiciones mencionadas.

En cuanto a los resultados de las pruebas realizadas,

- DESEO conocer los resultados de mis pruebas
- NO DESEO conocer los resultados de mis pruebas

El/la participante,

El/la investigador/a,

Fdo.:

Fecha:

Fdo.:

Fecha:

ANEXO II. Escala Visual Analógica (EVA)

NOMBRE Y APELLIDOS:

VISUAL ANALOG SCALE (VAS)

En esta hoja llevaremos un control del dolor sobre tu pierna entrenada. Diariamente, a poder ser a la misma hora, marcarás en la línea una cruz en el punto que se corresponda con tu nivel actual de dolor en la pierna, especificando la zona de dolor (p.ej: cuádriceps, glúteo...). Antes del registro, asegúrate de tapar con una hoja o tu mano la medición del día anterior, o dobla el folio para que no sea visible antes de hacer un nuevo registro.

Este folio se entrega el día de la sesión de familiarización, debes guardarlo y traerlo a las sesiones de entrenamiento control presenciales (24-48-72 y 168h).

Es MUY importante que te responsabilices de cubrirlo y guárdalo, para poder tener los resultados que necesitamos.

Muchas gracias.

FAMILIARIZACIÓN: FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

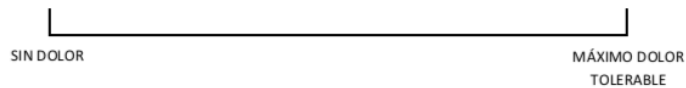
Zona de dolor:



ENTRENAMIENTO: FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

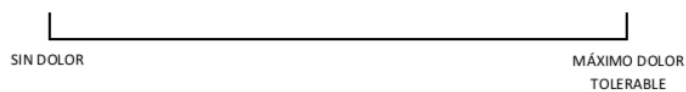
PRE-ENTRENAMIENTO:

Zona de dolor:



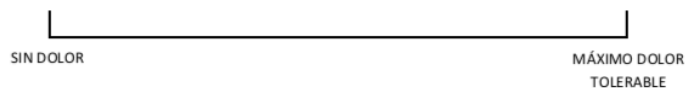
POST-ENTRENAMIENTO:

Zona de dolor:



CONTROL 1 (24h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:



CONTROL 2 (48h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

CONTROL 3 (72h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

CONTROL 4 (96h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

CONTROL 5 (120h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

CONTROL 6 (144h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

CONTROL 7 (168h): FECHA (...../...../.....) HORA (__:__)

Zona de dolor:

SIN DOLOR MÁXIMO DOLOR
TOLERABLE

ANEXO III. Cartel para captación de participantes

¿TE GUSTA ENTRENAR?

ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO, BFR Y RECUPERACIÓN MUSCULAR

¿CONOCES CUÁL ES EL MODO MÁS RÁPIDO DE RECUPERARSE?

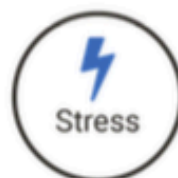


INVESTIGACIÓN

Duración:
7 días

Desarrollo:
Descubre con nosotros la forma óptima para recuperarse de un entrenamiento.

Optimizarás tus entrenamientos y ayudarás a ampliar el conocimiento científico



+ INFO Y CONTACTO:

GABRIEL PITA
676 80 18 15