

La hipertrofia a través del entrenamiento oclusivo, versus mediante el entrenamiento de fuerza tradicional

CUARTO

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA
Y EL DEPORTE**



Realizado por: Juan Antonio Martínez Coín

Grupo TFG: M42

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Jaime Gil Cabrera

Área: Diseño de un estudio experimental

Resumen

La oclusión sanguínea, ha sido ampliamente investigada como medio de desarrollo de masa muscular en sujetos que presentan lesiones, o condiciones especiales que les impiden mover cargas altas. Sin embargo, la investigación relacionada con sus efectos en deportistas de alto rendimiento, aún está comenzando, especialmente en judo. Esto, crea una situación idónea para la propuesta de un estudio que busque realizar una comparativa entre los efectos de los entrenamientos de fuerza-resistencia tradicionales, y el entrenamiento de fuerza bajo los efectos de la oclusión sanguínea, enfocándose en el desarrollo de la masa muscular, pero sin dejar de lado aspectos altamente importantes, como los valores máximos de expresión de la fuerza, y la resistencia a dicha fuerza. Para ello, se ha desarrollado un estudio que buscará las diferencias entre el entrenamiento de fuerza tradicional y el entrenamiento de fuerza en oclusión sanguínea, en judokas. Seguirán un protocolo de 6 semanas, en el que cada uno de los grupos (control, tradicional y oclusión), trabajarán de manera diferente, potenciando las características principales de cada metodología, para posteriormente realizar una comparativa entre la situación previa y posterior, tanto entre los grupos, como en el mismo.

Abstract

Blood occlusion has been widely investigated as a means of developing muscle mass in subjects with injuries or special conditions that prevent them from moving high loads. However, research related to its effects in high-performance athletes is still beginning, especially in judo. This creates an ideal situation for the proposal of a study that seeks to make a comparison between the effects of traditional strength-resistance training, and strength training under the effects of blood occlusion, focusing on the development of muscle mass, but without neglecting highly important aspects, such as the maximum values of force expression, and the resistance to said force. For this, a study has been developed that will look for the differences between traditional strength training and strength training in blood occlusion, in judokas. They will follow a 6-week protocol, in which each of the groups (control, traditional and occlusion), will work differently, enhancing the main characteristics of each methodology, to later make a comparison between the previous and subsequent situation, both between groups, as in the same.

Índice

Introducción.....	7
¿Qué es el entrenamiento de fuerza?.....	7
¿Qué es la hipertrofia muscular?.....	8
Situación actual.....	9
Entrenamiento en oclusión sanguínea.....	13
Justificación.....	17
Objetivos e hipótesis del estudio.....	19
Metodología.....	21
Diseño.....	21
Muestra y formación de los grupos.....	21
Variables y material de medida.....	23
Procedimiento.....	29
Análisis de datos.....	36
Equipo investigador.....	37
Viabilidad del estudio.....	39
Referencias bibliográficas.....	41

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de las variables del estudio.....	23
Tabla 2. Protocolo del circuito de resistencia	32
Tabla 3. Protocolo del grupo de fuerza tradicional	33
Tabla 4. Protocolo del grupo de oclusión sanguínea	35

Introducción

¿Qué es el entrenamiento de fuerza?

Tal como expresa (Weineck, 2016), el concepto de “fuerza” es demasiado amplio, y para poder definir correctamente un entrenamiento de dicha capacidad, debemos tener en cuenta cual de sus manifestaciones es la que se pretende trabajar en ese momento. Y es que existen varios tipos de fuerza; fuerza máxima, que podemos clasificar en dinámica o estática; fuerza rápida, la cual involucra la mayor parte de las habilidades motrices, como saltos, lanzamientos, tiros, tracciones, empujes, etc.; y fuerza resistencia.

La fuerza máxima se define como “la máxima fuerza posible que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer en contracción máxima voluntaria” (Weineck, 2016). Del mismo modo, este autor hace una distinción entre la fuerza máxima y la absoluta, la cual la define como “la suma de la fuerza máxima y las reservas de fuerza que se pueden movilizar aún en condiciones especiales (miedo a morir, hipnosis, etc.)” (Weineck, 2016). Cabe destacar que este mismo autor, resalta que la fuerza máxima estática es siempre mayor a la dinámica, lo cual es muy importante a la hora de emplear una u otra en función del objetivo de la sesión.

En lo referente a la fuerza rápida, (Weineck, 2016) la define como “la capacidad del sistema neuromuscular para mover el cuerpo, partes del cuerpo u objetos con velocidad máxima”. Este entrenamiento de fuerza es muy importante en periodo competitivo y precompetitivo, como veremos más adelante ya que, en la gran mayoría de deportes, el sujeto debe de ser capaz de realizar movimientos muy rápidos, más que levantar altas cargas. Es por esto por lo que este tipo de entrenamiento es más usado durante dichos periodos, y el entrenamiento de fuerza máxima es más recurrido en pretemporada.

En cuanto a la resistencia de fuerza, se define como “la capacidad del organismo para soportar la fatiga con rendimiento de fuerza prolongados” (Harre, 1976). Esto supone que el cuerpo deba acostumbrarse a un estrés metabólico elevado, que involucra entre otras, una gran capacidad de tolerancia al lactato en sangre, así como una mejor optimización del uso de los suministros energéticos. Ambos dos, son grandes determinantes de rendimiento en los deportes que involucran una actividad muscular

prolongada en el tiempo, por lo que el trabajo de esta capacidad de la fuerza es más que fundamental para dichos deportistas.

Estos son las tres expresiones de la fuerza más relevantes para el estudio que se planteará en este documento. Esto no quiere decir que sean las únicas, ya que realizar dicha afirmación está muy lejos de la realidad. Sin embargo, son las más significativas a la hora de relacionar un entrenamiento con la hipertrofia muscular y, por ende, las que más transferencia tendrán, en términos de rendimiento, al entrenamiento en oclusión. Más adelante se expondrá el otro, y principal objetivo del entrenamiento en oclusión, estando este muy apartado del rendimiento deportivo.

¿Qué es la hipertrofia muscular?

La hipertrofia se define como “el incremento de volumen del tejido muscular” (Schoenfeld, 2017). Del mismo modo (Schoenfeld, 2017), afirma que:

Durante el proceso de hipertrofia, los elementos contráctiles se agrandan y las matrices extracelulares se expanden para soportar el crecimiento. El crecimiento se produce por la adición de sarcómeros, el incremento de los elementos no contráctiles y del fluido sarcoplasmático, y se refuerza la actividad de las células madres. (p. 19)

Tratando de identificar los factores que mayor importancia tiene a la hora de llevar a cabo adaptaciones hipertróficas, observamos dos que destacan sobre los demás: la tensión mecánica y el estrés metabólico. El que ha demostrado tener mayor relevancia para dicho objetivo, es la tensión mecánica, tal y como expresa (Schoenfeld, 2017). Y es que tal y como expresa el autor, gracias a los mecanosensores, se puede detectar, no solo la magnitud de una carga, sino que también la duración. Y gracias al sistema de mecanotransducción, el estímulo puede mediar directamente en la señalización intracelular, y de ese modo, llevar a cabo adaptaciones hipertróficas. Dentro de este sistema, es muy importante la labor del mTOR, la cual demuestra ser determinante para la expresión hipertrófica del músculo.

Como ya sabemos, la hipertrofia muscular se genera debido al daño muscular, por lo que para poder desarrollar y reparar nuevas fibras musculares, el organismo debe de tener un sistema de síntesis proteica que genere dichas fibras. Uno de los principales sistemas de síntesis proteica viene regulado por la mTOR. La mTOR, se trata de una

proteína quinasa, que tal y como expresa (Schoenfeld, 2017), se encarga de regular la traducción proteica a través los complejos mTORC1 y mTORC2. En adición a esto, un estudio realizado por (Zhang et al., 2015), observa como la regeneración muscular, después de una lesión, se ve reducida en gran manera, por la falta de la mTOR. Esto es un claro indicador de la importancia de dicha proteína para la síntesis de fibras musculares.

Situación actual

El entrenamiento de fuerza ha evolucionado mucho en muy poco tiempo. Se ha cambiado de una creencia obsoleta, en la que más se creía mejor, a una optimización de los deportistas en la que la especificidad es un determinante de rendimiento.

Es importante saber identificar los Key Performance Indicators (KPI) de un deportista, así como del deporte. Los KPI, son todos los indicadores a nivel de rendimiento, que deben ser entrenados por el sujeto. Los entrenamientos deben adaptarse a dichos KPI, que tendrán una importancia mayor o menor, según el periodo de la temporada en la que se encuentre. Por ejemplo, un deporte que sea eminentemente de potencia y/o resistencia, como lo puede ser un judoka, no trabajará fuerza máxima ni cargas altas en periodos competitivos, sino que lo realizará durante la pretemporada. Esto es así, porque dicho deporte precisa de unas condiciones competitivas específicas, las cuales exigen que el deportista sea ágil, tenga mucha capacidad explosiva, y gran resistencia a la fuerza explosiva, todo esto sin tener en cuenta valores como la capacidad aeróbica y el componente técnico. Si el sujeto realiza un mesociclo de fuerza máxima previo a la competición, no dispondrá de las cualidades previamente expuestas, así como mostrará una mayor asincronía motora, lo cual supondría un resultado nefasto en la competición. Es por eso por lo que es tan importante saber identificar los KPI, así como organizarlos en el tiempo.

Una vez se ha identificado los puntos a trabajar, debemos escoger bien los métodos de entrenamiento a emplear. Y es que existen un gran número de métodos, con los que se pretende trabajar las distintas expresiones, tanto de la fuerza, como de resistencia, que se muestran a continuación. Los métodos de entrenamiento de fuerza, son muy diferentes, según la región en la que te encuentres, así como en las preferencias de cada entrenador. No obstante, al realizarse el estudio que posteriormente se mostrará en este documento, con una muestra de judokas, se

orientarán tanto las capacidades expuestas, como los posibles métodos, a los propios del judo:

Fuerza máxima

Como ya hemos observado, la fuerza máxima es fundamental para crear una buena base muscular durante la pretemporada. Y es que, mientras mejor se ajuste este periodo, a las demandas musculares del deporte, mayores adaptaciones van a ocurrir durante la fase específica.

Fuerza velocidad

El trabajo de fuerza velocidad, es muy empleado en periodos competitivos, ya que ofrece la posibilidad de trabajar con cargas útiles, específicas del deporte practicado, y optimizar el grupo muscular, haciéndolo especialmente eficaz en mover dichas cargas a altas velocidades. (Mann et al., 2015) expresa que se define como el método utilizado “para determinar la carga óptima para el entrenamiento de fuerza usando la velocidad a la que un atleta puede mover una carga independientemente de 1RM”. Durante este tipo de entrenamiento, y para que los datos obtenidos, así como las estimaciones, sean lo más precisas posibles, el sujeto debe tratar de mover las cargas a la mayor velocidad posible.

En este tipo de entrenamiento, es más que recomendable el uso de un encoder, o dispositivos acelerómetros similares. Estas herramientas, se encargan de analizar la velocidad a la que se están moviendo las cargas, lo que nos ofrece una gran cantidad de información, así como la posibilidad de hacer estimaciones sobre el 1RM del sujeto.

Cabe destacar también, la importancia de que la medición de velocidad se realice a lo largo del todo el rango de movimiento de la carga, ya que este método, se caracteriza por dicha cualidad, que es lo que lo diferencia del siguiente a analizar, la fuerza potencia.

Fuerza potencia

La fuerza potencia, tiene un fundamento muy similar a la fuerza velocidad, con la diferencia de que su objetivo es lograr la máxima potencia de salida de la carga, en su primer tramo de recorrido, mientras que la fuerza velocidad busca la mayor velocidad posible durante todo el recorrido. Este tipo de fuerza, se define como “el tipo

de actividad que requiere un esfuerzo muscular máximo relativamente corto” (Ayalon et al., 1974).

Para la realización de entrenamientos basados en la fuerza potencia, también es muy recomendable el uso de un dispositivo de medición lineal, que sea capaz de exportar datos con los que poder realizar gráficas y observar la curva fuerza-velocidad, para poder trazar una línea de aceleración, y por ende, analizar la potencia del ejercicio en cuestión.

Del mismo modo que el anterior, se trata de un método muy utilizado en fases de temporada competitiva, ya que se emplea comúnmente, con cargas útiles, asociadas al deporte practicado.

Fuerza isométrica

Este tipo de fuerza es el que basa su trabajo en la contracción isométrica. La contracción isométrica, se expresa como “una contracción de los elementos contráctiles; sin embargo, los elementos elásticos se estiran, de forma que desde fuera no se percibe un acortamiento muscular” (Weineck, 2016).

Tal y como muestra (Essendrop et al., 2001), este tipo de fuerza, es muy utilizado para realizar tests a deportistas, ya que existe una gran correlación entre la fuerza isométrica, y la fuerza dinámica.

Pliometrías

El entrenamiento basado en saltos pliométricos, tiene sus fundamentos en el reflejo generado por el músculo esquelético, así como tendones, con el que se busca realizar movimientos explosivos, en el menor tiempo posible. Este tipo de entrenamiento, comúnmente trabaja con el Ciclo de Estiramiento Acortamiento (CEA), que consiste en la realización de una contracción excéntrica, seguida sin pausa, de una concéntrica.

(García et al., 2003), mencionan que “constituye el estímulo más natural para el entrenamiento, dado que tiene en cuenta la naturaleza balística del movimiento humano”.

Tal y como se narra en (Badillo, 1995), el Ciclo de Estiramiento Acortamiento, permite un mayor rendimiento frente a otros métodos pliométricos ya que, si se genera una mayor tensión inicial, debido a una gran contracción excéntrica, se generará una contracción concéntrica más elevada, debido a la resistencia generada en la primera fase. Debido a esto, cuando mayor sea la velocidad, más alta será la potencia lograda en el ejercicio.

Resistencia

Este entrenamiento, se basa en la realización de ejercicios de fuerza potencia, disminuyendo el descanso entre series. Gracias a esto, se consigue una adaptación muscular en la que el sujeto sea capaz de realizar múltiples acciones con carga, en el menor tiempo posible, y reiteradamente en un tiempo determinado. En deportes como el judo, esto es muy importantes, ya que las técnicas deben realizarse dentro de los 4 minutos de combate (en caso de empate, se añadiría tiempo de manera ilimitada, hasta que uno de los dos marque), y el judoka debe de ser capaz de realizar acciones con explosividad, así como repetirlas frecuentemente.

Además de la resistencia al trabajo de potencia, se debe trabajar la resistencia a la acumulación de lactato. Este tipo de resistencia, es una de las determinantes más importantes de la fatiga muscular. Y es que, cuando el lactato aumenta, también lo hace la fatiga muscular, y esto puede llevar a la disminución de rendimiento, e incluso a la parada del ejercicio físico. Y es que, si un sujeto tiene un umbral de lactato alto, este tardará más en ver los efectos del ácido láctico mientras que, si su umbral es bajo, observará como cae su rendimiento antes.

Es por esto por lo que resulta tan importante el trabajo de la resistencia láctica, porque realizando entrenamientos en los que se acumulen grandes cantidades de lactato, y reduciendo los tiempos de descanso, para que el organismo no tenga tiempo de reducir en gran cantidad dichos niveles, el sujeto desplazará su umbral hacia la derecha, con lo que mostrará una mayor adaptación a los niveles de ácido láctico y, por ende, aumentará su tiempo de resistencia a dicho ácido.

Entrenamiento en oclusión sanguínea

El entrenamiento en oclusión sanguínea, se trata de un tipo de entrenamiento poco habitual, el cual demuestra tener beneficios en la mejora de la composición corporal.

Para entender los efectos del entrenamiento oclusivo, es importante también, en que consiste. Durante las sesiones de esta metodología, el sujeto restringirá el flujo sanguíneo de la región muscular a trabajar, mediante el uso de gomas de oclusión. De este modo, se mantiene el flujo arterial, pero se restringe el retorno venoso, por lo que se sucede una mayor acumulación de desechos musculares en dicha región.

Tal y como muestran (Flores-García, 2019), este tipo de estrategia, favorece el aumento de la fuerza muscular, la resistencia y la hipertrofia. Y es que, gracias a estos beneficios, su uso ha adquirido dos tendencias principales: el aumento de fuerza y volumen muscular en personas sanas; y el trabajo de fuerza en programas de rehabilitación y readaptación muscular.

Si observamos el informe realizado por (Loenneke et al., 2010), podemos observar cómo nos muestran como una gran parte de los deportistas, tiene problemas para soportar cargas altas y que, gracias a este tipo de entrenamiento, se suceden una serie de adaptaciones, que conllevan el aumento de la masa muscular, así como de la fuerza y resistencia, empleando cargas bajas en lugar de cargas altas, como es tradicional.

En lo referente a las adaptaciones que tienen lugar, las que mayor relevancia tienen son las metabólicas, y las relacionadas con el reclutamiento de fibras musculares. Y es que, en lo relacionado a las adaptaciones metabólicas, (Loenneke et al., 2010) nos muestran cómo se sucede un aumento en la secreción de la hormona del crecimiento, debido a la activación simpática, generada por la disminución de pH generada por la acidosis provocada por el uso de las gomas de oclusión sanguínea. La hormona de crecimiento, tiene una gran importancia en la regulación de los procesos anabólicos que provocan el crecimiento muscular.

Si observamos el reclutamiento de las fibras musculares, (Brown, 2018) nos muestra que las fibras lentas son las que primero se activan, y que cuando se incrementa la intensidad del ejercicio, comienza el reclutamiento de fibras rápidas. Si aplicamos este principio durante el entrenamiento en oclusión, (Loenneke et al., 2010), observan

como la restricción sanguínea puede provocar un aumento en el reclutamiento de fibras, debido a la falta de oxígeno. Esto es muy interesante, cuando se trata de un mayor reclutamiento de fibras rápidas, ya que son las que mayor capacidad de crecimiento poseen.

Si observamos los efectos de la oclusión sanguínea sobre la mTOR, debemos tener en cuenta que una de las vías de señalización de dicha proteína, es la mTOR-S6K1. Y es que, tal y como describen (Ghosh y Kapur, 2017), “La vía mTORC1-S6K1 regula múltiples funciones celulares, incluido el ciclo celular, la apoptosis, el metabolismo de la glucosa, la síntesis de proteínas y la autofagia”. Y es que, (Loenneke et al., 2010), han demostrado que “la fosforilación de S6K1, aumenta con el entrenamiento de oclusión”, por lo que un aumento en la fosforilación de S6K1, tiene por resultado un aumento en la síntesis proteica, lo que conlleva un aumento de la masa muscular.

En lo referente a los instrumentos más empleados para realizar entrenamientos en oclusión sanguíneas, existen tres principales:

- Bandas elásticas
- Correas ajustables
- Manguito de inflado manual

Los tres instrumentos expuestos, son igualmente efectivos, y siempre deben emplearse siguiendo las indicaciones del fabricante, ya que un uso inadecuado de los mismos, puede suponer problemas cardiovasculares, así como problemas metabólicos y físicos derivados del entrenamiento y de la excesiva restricción del riego sanguíneo.

El entrenamiento en oclusión, se ha estudiado como método de readaptación y rehabilitación muscular principalmente. Y es que, es una forma de entrenamiento comúnmente empleada para sujetos que no pueden realizar cargas altas debido a una lesión, como ya hemos visto, así como personas de tercera edad, que suelen tener el mismo problema. Sin embargo, en lo referente a rendimiento deportivo, no está tan estudiado, y se trata de un campo bastante reciente, por lo que la bibliografía en lo referente a los efectos metabólicos, adaptaciones musculares, y aumento de rendimiento, es bastante escasa. Sin embargo, se ha observado que este tipo de sistemas, puede repercutir tanto en una mejora de la capacidad aeróbica, como en ganancias de fuerza y resistencia muscular.

En lo referente a la capacidad aeróbica, existe una gran escasez de investigación que lo respalde, por lo que todavía no se puede asegurar una mejora de dicho sistema al 100%. Sin embargo, en un estudio (Amani et al., 2018) observó un aumento en la densidad capilar de la región ocluida. Esto, supone un aumento de la capacidad de extracción de oxígeno del tejido muscular, lo que significaría una mayor cantidad de sustrato energético y, por ende, un mayor reclutamiento de fibras, lo que proporcionaría una potencia mecánica. Sin embargo, todavía falta investigación que respalde esta adaptación.

En cuanto a mejoras en la capacidad muscular, lo más empleado, es el aumento de la masa muscular. Y es que, se ha observado como las sesiones con cargas de entre el 20% y 30% (Brandner & Warmington, 2017), son muy efectivas para el desarrollo de la hipertrofia. Del mismo modo, (Yamanaka et al., 2012), estableció que la presión idónea para realizar entrenamientos de aumento de masa muscular, así como el aumento de la fuerza, es entre 50 y 100 mmHg.

En definitiva, el entrenamiento en oclusión sanguínea, es una metodología poco investigada en lo que a rendimiento se refiere, aunque posee varios indicativos que pueden significar posibles beneficios en dicho aspecto.

Justificación

Como ya se ha observado en la introducción, el diseño de este estudio se enfocará en la observación de las diferencias entre el entrenamiento de fuerza tradicional, y el entrenamiento en oclusión sanguínea. Este estudio, tal y como se verá más adelante, se realizará con sujetos y capacidades propias del judo. Una investigación con estas características, tiene importancia tanto a nivel general (para todos los deportes, así como la comprensión del funcionamiento fisiológico y metabólico del cuerpo bajo los efectos de la restricción de flujo sanguíneo), como a nivel específico (observación de los posibles beneficios de dicha estrategia para el alto rendimiento en judo), ya que no existe bibliografía sobre el rendimiento deportivo y el entrenamiento oclusivo. (Pignanelli et al., 2021), expresan la gran existencia de investigación para población poco entrenada (o como se ha observado en la introducción, con patologías o lesiones), y que estudios recientes, empiezan a concentrarse en deportistas entrenados. Este tipo estudio sirve comprender las adaptaciones metabólicas y musculares del organismo, y compararlas con las ocurridas bajo los entrenamientos de fuerza tradicionales. Y es que, en rendimiento deportivo, las diferencias entre los mejores deportistas, son minúsculas, lo que acentúa más aún la necesidad de encontrar medios por los que conseguir mejoras adicionales.

Objetivos e hipótesis del estudio

El objetivo principal del estudio es:

- Observar la diferencia de ganancia de masa muscular, entre un protocolo de fuerza tradicional, y otro de oclusión sanguínea.

En cuanto a los objetivos secundarios, enumeramos los siguientes:

- Contemplar las diferencias en la expresión de la fuerza entre ambos protocolos.
- Analizar las diferencias en la resistencia muscular entre ambos protocolos.

Una vez formulados los objetivos, y previa realización del estudio, se formulan las siguientes hipótesis:

Hipótesis principal:

- El entrenamiento en oclusión sanguínea con cargas bajas, muestra un aumento en la hipertrofia muscular similar al de fuerza tradicional con cargas medias-altas.

Hipótesis secundarias:

- Los niveles de fuerza, mejoran en todas las cargas.
- El entrenamiento en oclusión sanguínea, supone una mayor mejora en la resistencia muscular, que el entrenamiento de fuerza tradicional, y el músculo expresa unos mayores niveles de tolerancia al lactato en sangre.

Metodología

Diseño

Para la realización de este estudio, se optará por una metodología experimental “aleatorizada”.

Se ha escogido este tipo de metodología, porque se llevará a cabo una investigación en la cual las variables, se verán manipuladas por el equipo investigador, lo cual categoriza este estudio como experimental. Del mismo modo, y tal como veremos a continuación, los diferentes grupos se realizarán de formas aleatoria, por lo que se clasifica como “aleatorizado”.

Muestra y formación de los grupos

El estudio, pretende analizar las diferencias de ambos métodos de entrenamiento en alto rendimiento deportivo. Es por esto por lo que, aunque una vez escogidos, los sujetos se distribuirán en grupos de manera aleatoria, a la hora de participar en el estudio, se deberán cumplir ciertos criterios de inclusión, los cuales se exponen a continuación:

- Estar actualmente reconocido como deportista de alto rendimiento por la Real Federación Española de Judo y Deportes Asociados.
- Entrenar Judo como disciplina principal.
- Realizar al menos 4 sesiones de trabajo de fuerza a la semana, además de los entrenamientos de judo.

Debido a las condiciones de los entrenamientos que se realizarán durante el estudio, y el uso de herramientas de oclusión sanguínea, se emplearán los siguientes criterios de exclusión:

- No sufrir ninguna lesión que impida la realización de las pruebas.
- Uso de medicación o esteroides anabolizantes (Bjornsen et al., 2019).
- Experiencia previa en el entrenamiento oclusivo (Bjornsen et al., 2019).
- Enfermedades cardiovasculares o condiciones médicas severas (Early et al., 2020).

- Presión sanguínea superior a 160/100 mmHg (Early et al., 2020).

Una vez se han establecido los criterios de inclusión y exclusión, se debe establecer que número de participantes tendrán lugar en el estudio. Para ello, se ha procedido a realizar una búsqueda bibliográfica sobre diferentes estudios previos relacionados con la temática propuesta. Como se ha observado, los antecedentes en alto rendimiento y la oclusión sanguínea, no son numerosos. Sin embargo, se han encontrado dos estudios que se ajustan a las características del propuesto: En el primero de ellos, (Early et al., 2020) desarrollan su procedimiento con una muestra total de 31 participantes. Sin embargo, en el segundo de ellos (Bjornsen et al., 2019), desarrollan el suyo con 19 sujetos. Puesto que, para esta investigación, se crearán tres grupos (control, oclusión sanguínea y fuerza tradicional), se ha optado por una muestra a 30 personas.

Con esta muestra, se pretende crear una estructura de 3 grupos con 10 sujetos cada uno, lo que debería de dar situaciones y resultados suficientes en cada uno de los grupos, para poder determinar tendencias y comprobar el cumplimiento o no, de las hipótesis planteadas.

Los tres grupos propuestos se describen de la siguiente manera:

- Grupo control:
 - No realizará entrenamientos durante el estudio. Si que realizará las pruebas PRE y POST, pero no se les someterá a ningún protocolo de entrenamiento durante el periodo de investigación. Servirá como medición basal, así como referencia para el resto de grupos.
- Grupo de entrenamiento de fuerza tradicional:
 - Realizará un protocolo de entrenamiento de fuerza convencional, además de las pruebas PRE y POST.
- Grupo de entrenamiento en oclusión sanguínea:
 - Realizará un protocolo de entrenamiento con restricción de riego sanguíneo, además de las pruebas PRE y POST.

Variables y material de medida

Para proceder con el desarrollo del estudio, se deben establecer las diferentes variables que se medirán a la hora de realizar la investigación. Y es que, para poder determinar el cumplimiento o no de las hipótesis, se debe realizar una toma de datos, y dicha toma de datos, debe venir apoyada por la enumeración y explicación, tanto de aquello que se va a medir, como el medio de medición, así como el material de medida.

La Tabla 1, muestra las variables que se tendrán en cuenta para la realización del estudio:

Tabla 1

Resumen de las variables del estudio

Variable	Variante
	Peso corporal
	Grasa corporal
Antropometría	Masa grasa
	Masa libre de grasa
Imágenes por ultrasonido del tamaño muscular	
Repetición máxima	
Porcentajes de carga	
Presión de la banda de oclusión sanguínea	
Fuerza de prensión manual	
Lactato en sangre	

- Antropometría (peso corporal):
 - Se pretende realizar una medición antropométrica a los sujetos, que pretende evaluar el peso corporal.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - El material empleado para la medición, será el BodPod (Cosmed Inc., Concord, California). En el estudio realizado por (Early et al., 2020), se hace uso de esta herramienta para la obtención de los datos expuestos.
 - La unidad de medida seleccionada, será kilogramos (kg).
 - Para realizar la medición, se realizará una pletismografía por desplazamiento de aire. Para ello, el sujeto deberá introducirse en el BodPod, y la herramienta realizará la medición de manera autónoma.
- Antropometría (grasa corporal):
 - Se pretende realizar una medición antropométrica a los sujetos, que pretende evaluar el peso corporal.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - El material empleado para la medición, será el BodPod (Cosmed Inc., Concord, California). En el estudio realizado por (Early et al., 2020), se hace uso de esta herramienta para la obtención de los datos expuestos.
 - La unidad de medida seleccionada, será porcentaje (%).
 - Para realizar la medición, se realizará una pletismografía por desplazamiento de aire. Para ello, el sujeto deberá introducirse en el BodPod, y la herramienta realizará la medición de manera autónoma.
- Antropometría (masa grasa):
 - Se pretende realizar una medición antropométrica a los sujetos, que pretende evaluar el peso corporal.

- Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
- Es una variable cuantitativa – continua.
- El material empleado para la medición, será el BodPod (Cosmed Inc., Concord, California). En el estudio realizado por (Early et al., 2020), se hace uso de esta herramienta para la obtención de los datos expuestos.
- La unidad de medida seleccionada, será kilogramos (kg).
- Para realizar la medición, se realizará una pletismografía por desplazamiento de aire. Para ello, el sujeto deberá introducirse en el BodPod, y la herramienta realizará la medición de manera autónoma.
- Antropometría (masa libre de grasa):
 - Se pretende realizar una medición antropométrica a los sujetos, que pretende evaluar el peso corporal.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - El material empleado para la medición, será el BodPod (Cosmed Inc., Concord, California). En el estudio realizado por (Early et al., 2020), se hace uso de esta herramienta para la obtención de los datos expuestos.
 - La unidad de medida seleccionada, será kilogramos (kg).
 - Para realizar la medición, se realizará una pletismografía por desplazamiento de aire. Para ello, el sujeto deberá introducirse en el BodPod, y la herramienta realizará la medición de manera autónoma.
- Imágenes por ultrasonido del tamaño muscular:
 - Se pretende realizar una medición exacta del tamaño de los grupos musculares a trabajar, para poder realizar una comparativa entre antes de comenzar el estudio, y al finalizar.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.

- El material empleado para la medición, será el E1 SonoScape (SonoScape, Cantón, China). En el estudio realizado por (Hides et al., 2006), se valida su aplicación como sistema de medición para el tamaño muscular.
- La unidad de medida seleccionada, será centímetros (cm).
- Para la obtención de los datos, el equipo investigador deberá realizar una medición por ultrasonidos de las regiones musculares que se pretenden observar durante el estudio. En este caso, las mediciones se enfocarán en las extremidades, así como el abdomen.
- Repetición máxima (RM):
 - Tiene como objetivo, comparar los valores de fuerza máxima antes y después del estudio.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - Para la realización de las pruebas, no se necesita material específico, a parte del material propio de gimnasio (barras y pesas olímpicas). Para realizar las mediciones, se hará uso del test de 1 RM, validado como una herramienta muy fiable para la comparativa de fuerza en un sujeto (Grgic et al., 2020).
 - La unidad de medida seleccionada, será kilogramo (kg).
 - Para la realización del test, el sujeto realizará un calentamiento con cargas bajas, seguido de series de aproximación. Al tratarse de sujetos del entorno del alto rendimiento, deberían poseer información de sus porcentajes de cargas, por lo que las series de aproximación se realizarán con un 60%, 70%, 80% y 90%. De no poseer dicha información, se realizará un calentamiento con cargas bajas, y se irá aumentando progresivamente la carga. Una vez completado el calentamiento, la carga se irá aumentando en un 2,5% en cada serie, hasta llegar al 1 RM. Entre series, el descanso será de 4-5 minutos, con el objetivo de realizar una recuperación completa. Esta prueba se

realizará para sentadilla con barra alta, curl de bíceps, extensión de brazo y curl femoral.

- Porcentajes de carga:
 - A la hora de realizar los ejercicios, cada grupo deberá emplear unos porcentajes de carga establecidos. Estos porcentajes, estarán vinculados a su repetición máxima.
 - Se trata de una variable independiente, ya que el equipo investigador las modificará con el objetivo de ajustar los grupos en función de sus condiciones.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - Para la realización de las pruebas, no se necesita material específico, aparte del material propio de gimnasio (barras y pesas olímpicas). Para realizar la medición, deberemos multiplicar los porcentajes deseados, por el RM del ejercicio.
 - La unidad de medida seleccionada, será kilogramo (kg).
 - Para la obtención de los porcentajes de carga, se observarán los valores obtenidos en la repetición máxima de la curl femoral, curl de bíceps, extensión de brazo y sentadilla con barra alta, y se multiplicará por 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9. De ser necesario, también se multiplicaría por valores intermedios entre esos rangos. Con esto, se obtienen los kilogramos de carga asociados a esos porcentajes.
- Presión de la banda de oclusión sanguínea:
 - La presión de la banda de oclusión, es aquella con la que oprimirá la región en la que se esté aplicando.
 - Se trata de una variable independiente, ya que el equipo investigador las modificará con el objetivo de ajustar los grupos en función de sus condiciones.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - Será necesario el uso de manguitos de oclusión sanguínea R&P CUFF (A&D fitness and performance, S.L, Valencia, España). En el estudio realizado por (Yamanaka et al., 2012), se emplea la oclusión sanguínea como sujeto de estudio.

- La unidad de medida seleccionada, será milímetros de mercurio (mmHg).
- Los manguitos de oclusión sanguínea, se colocarán entre el deltoides y el bíceps, en los ejercicios de tren superior; y bajo el pliegue del glúteo, en los ejercicios de tren inferior. Se aplicará una presión de 90 mmHg ya que, al tratarse de sujetos entrenados, se requerirá una presión mayor, para alcanzar una presión vascular adecuada, debido a la mayor cantidad inicial de masa muscular. Aquellos sujetos que posean una menor cantidad de masa muscular, la presión disminuirá proporcionalmente, tendiendo hacia los 50 mmHg, en vez de a los 100 mmHg. Como se observó en la introducción, para hipertrofia, (Yamanaka et al., 2012), mencionan el rango de entre 50 mmHg y 100 mmHg como el ideal.
- Fuerza de prensión manual:
 - La fuerza que el sujeto es capaz de hacer con su mano. Se empleará para observar efectos derivados del entrenamiento en oclusión sanguínea, ya que la presión manual, no se trabajará específicamente.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - El material empleado para la medición, será el dinamómetro hidráulico de mano Saehan (Modelo SH5001, SAEHAN Corporation, YangdeokDong, Masan, Korea del Sur). En el estudio realizado por (Franco et al., 2020), emplean este dinamómetro como sistema de medición de prensión manual.
 - La unidad de medida seleccionada, será kilogramos (kg).
 - Para realizar la medición, el sujeto deberá colocarse en bipedestación, con los brazos extendidos y pegados al cuerpo. Agarrará el dinamómetro con su mano dominante, y ejercerá la máxima fuerza de agarre posible. El dinamómetro registrará los kilogramos máximos de prensión que ha ejercido el sujeto. Esta prueba se realizará, tanto al principio del estudio, como al final, para todos los grupos de investigación.

- Lactato en sangre:
 - Con el objetivo de observar si el sujeto se adapta a los ejercicios de resistencia a la fuerza, se realizarán mediciones de lactato en las pruebas PRE y POST, donde se observará tanto el lactato en sangre a nivel basal, como inmediatamente al acabar los ejercicios, así como a los 5 minutos de finalizar el entrenamiento.
 - Se trata de una variable dependiente, puesto que los valores obtenidos, dependerán de la actividad del sujeto, y no podrá ser modificada por el investigador.
 - Es una variable cuantitativa – continua.
 - El material empleado para la medición, será el Lactate Scout 4 (EKF Diagnostics, Cardiff, Reino Unido) y tiras reactivas (Accusport BM-lactato, Roche®, Hawthorne, EEUU.). Este método de obtención de lactato en sangre, se ha empleado en el estudio realizado por (Campos et al., 2017).
 - La unidad de medida seleccionada será milimoles por litro (mmol/l).
 - Para obtener los valores de lactato en sangre, se realizarán los pinchazos en los dedos. La primera gota de sangre se descartará, y la segunda se pondrá sobre la tira reactiva, la cual se introducirá en el medidor, y nos arrojará el nivel de lactato sanguíneo. Si algún sujeto tiene inconveniencia en la toma de lactato en los dedos, se realizará en el lóbulo de la oreja. Las pruebas de medida, se realizarán a todos los grupos participantes en el estudio, y se tomarán en tres momentos diferentes de las pruebas: a nivel basal, tras 30 minutos de reposo; inmediatamente al acabar las series de cada ejercicio (todas las series, es decir, el bloque de resistencia); y a los 5 minutos de haber finalizado el entrenamiento.

Procedimiento

Tras haberse analizado todas las variables a tener en cuenta, se debe realizar la estructuración, periodización y gestión del desarrollo del estudio.

Tras haber reclutado a 30 sujetos de estudio, y haberlos dividido en 3 grupos (control, fuerza tradicional y entrenamiento oclusivo), se procede a realizar un protocolo de entrenamiento de 6 semanas. Este estudio se desarrollará en periodo de pretemporada, ya que, al tratarse de sujetos de alto rendimiento, no se puede garantizar la permanencia en el estudio, al tratarse de un deporte de contacto, en el cual existe un riesgo elevado de lesión. Del mismo modo, gracias a esta localización temporal, los sujetos tendrán una mayor disponibilidad, ya que la amplia mayoría de deportistas de alto rendimiento en España, finaliza la temporada en junio, y comienza la siguiente en octubre. Esto, ofrece 3 meses de pretemporada, lo cual es una gran oportunidad para realizar la investigación.

El estudio se comenzará en julio. Las pruebas PRE se realizarán la primera semana de julio (4 a 10 de julio). Las siguientes 6 semanas serán de desarrollo del estudio (11 de julio a 15 de agosto), lo que permite realizar las pruebas POST del 15 al 21 de agosto.

Los sujetos deben comprometerse a no realizar trabajo de fuerza o resistencia complementario, durante el transcurso del estudio, ya que esto, modificaría los valores expresados al final del mismo. Sí que podrán entrenar las características técnicas propias de su deporte, así como realizar entrenamientos compensatorios. Sin embargo, un entrenamiento de mejora de cualquiera de las capacidades expuestas, estará prohibido durante la investigación.

Antes de comenzar con los protocolos específicos de cada grupo, todos los sujetos, ya clasificados, deberán realizar las pruebas PRE, que se repetirán al finalizar el estudio. Estas pruebas, estarán divididas en tres sesiones:

Pruebas PRE

Sesión 1

Consistirá en la toma de medidas antropométricas, que se han expuesto (peso, masa grasa, masa libre de grasa y porcentaje de masa muscular). También se realizarán las medidas de las regiones musculares implicadas en el estudio, de manera directa o indirecta. Se medirá la longitud transversal del bíceps, tríceps, recto femoral, vasto

medial, vasto lateral, vasto intermedio, recto abdominal y gastrocnemio. Del mismo modo, se medirá el perímetro del bíceps y tríceps en conjunto, así como del antebrazo, cuádriceps – isquiotibial, y gastrocnemios.

Sesión 2

En esta sesión, se tomarán los valores de RM de los 4 ejercicios que se desarrollarán durante el estudio: Curl de bíceps, extensión de brazo, sentadilla en barra alta y curl femoral. Para ello, se realizará el protocolo expuesto en las variables. El descanso debe de ser completo (4-5 minutos entre series de ajuste) ya que, si no, los sujetos podrían acumular fatiga, que modificaría los valores reales. Con los datos obtenidos en esta prueba, se obtendrán los porcentajes de carga de todos los sujetos, los cuales se almacenarán en Excel, y serán empleados en las sesiones del estudio.

También, se tomarán las medidas de prensión manual, realizando las dinamometrías. Estas se harán antes del desarrollo de los test de 1 RM.

Sesión 3

Esta última sesión de pruebas, tiene como objetivo la obtención de los datos relacionados con la resistencia a la fuerza, específicamente, los valores de lactato en sangre. Para el desarrollo de esta sesión, se seguirá la siguiente estructura:

- Llegada al laboratorio: reposo de 30 minutos.
- Medición de lactato basal, tras reposo.
- Para la evaluación de resistencia, se realizará un protocolo estructurado en forma de circuito, donde se trabajará todos los ejercicios de manera seguida, sin descanso entre ellos, pero con descansos entre series. El siguiente trabajo deberá realizarse a máxima intensidad (Tabla 2):

Tabla 2
Protocolo del circuito de resistencia

Ejercicio	Duración/Repeticiones	Series	Descanso
Skipping	30 segundos		
Uchikomis	30 segundos		
Nage Komis	10 repeticiones		
Randori - Kumikata	1 minuto	4 series	2 minutos
Randori - solo ataque	1 minuto		
Randori - defensa	1 minuto		
Randori	1 minuto		

Nota. Se deben realizar las mediciones de lactato, inmediatamente después de acabar el último ejercicio de cada serie. Tras finalizar los ejercicios, se realiza un descanso de 5 minutos. Al completar dicho descanso, se realiza la última toma de lactato.

Tras finalizar la tercera sesión de pruebas PRE, comienzan las 6 semanas de desarrollo del estudio.

Desarrollo de las 6 semanas de estudio

Al comenzar esta etapa, cada sujeto debe realizar el protocolo de entrenamiento que se le ha asignado, en función del grupo al que pertenezca. Todos los entrenamientos se realizarán en un entorno controlado, por lo que se debe asistir al laboratorio, y hacerlos en presencia del equipo investigador. Los entrenamientos se realizarán, o en turno de mañana, o en turno de tarde, y estos irán rotando cada semana. Los protocolos de los diferentes grupos, son los siguientes:

Grupo control

Este grupo, no realizará entrenamientos durante las 6 semanas de estudio. Al igual que el resto de participantes, podrá entrenar de manera específica su deporte, al

margen de la investigación, pero no podrá realizar entrenamiento de fuerza o resistencia específica.

Grupo de fuerza tradicional

Este grupo dividirá sus entrenamientos en mañana y tarde de la siguiente manera:

- Mañana: semanas 1, 3 y 5
- Tarde: semanas 2, 4 y 6

Realizará este entrenamiento 3 veces a la semana, durante las 6 semanas de estudio.

Seguirá un protocolo de fuerza tradicional, enfocado en el daño del tejido muscular, a través de la resistencia. Para ello, se realizará el siguiente protocolo, el cual se ha adaptado del realizado por (Early et al., 2020) (Tabla 3):

Tabla 3

Protocolo del grupo de fuerza tradicional

Ejercicio	Duración/Repeticiones	Series	Descanso entre series	Descanso tras bloque
Cinta o bicicleta estática	10 – 15 minutos	1	-	4 minutos
(calentamiento)				
Flexiones	10 repeticiones	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Curl de bíceps	10 repeticiones	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Extensión de brazo	10 repeticiones	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Sentadilla con barra alta	10 repeticiones	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Curl femoral	10 repeticiones	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Cinta o bicicleta estática (vuelta a la calma)	10 – 15 minutos	1	-	4 minutos

Nota. El calentamiento comenzará con una intensidad baja, que aumenta progresivamente hasta intensidades medias – altas. La vuelta a la calma se realizará a intensidad baja. Los ejercicios restantes se realizarán a un 70% del 1 RM. Los sujetos deberán completar todas las repeticiones, o llegar hasta el fallo muscular, lo que antes ocurra.

Grupo de oclusión sanguínea

Este grupo dividirá sus entrenamientos en mañana y tarde de la siguiente manera:

- Mañana: semanas 2, 4 y 6
- Tarde: semanas 1, 3 y 5

Realizará este entrenamiento 3 veces a la semana, durante las 6 semanas de estudio.

El protocolo a seguir para este grupo, será de cargas medias - bajas, basándose en el expuesto por (Early et al., 2020). Para ello, se seguirá la misma estructura que en el caso anterior, pero ajustando los porcentajes de carga (Tabla 4):

Tabla 4
Protocolo del grupo de oclusión sanguínea

Ejercicio	Duración/Repeticiones	Series	Descanso entre series	Descanso tras bloque
Cinta o bicicleta estática	10 – 15 minutos	1	-	4 minutos
(calentamiento)				
Flexiones	30 repeticiones (o fallo muscular)	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Curl de bíceps	30 repeticiones (o fallo muscular)	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Extensión de brazo	30 repeticiones (o fallo muscular)	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Sentadilla con barra alta	30 repeticiones (o fallo muscular)	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Curl femoral	30 repeticiones (o fallo muscular)	3	2 – 3 minutos	4 minutos
Cinta o bicicleta estática (vuelta a la calma)	10 – 15 minutos	1	-	4 minutos

Nota. Los ejercicios se realizarán la primera semana a un 30% del 1 RM, y aumentará un 10% cada dos semanas, llegando como máximo, a un 50% del 1 RM. Los sujetos deberán completar todas las repeticiones, o llegar hasta el fallo muscular, lo que antes ocurra.

Pruebas POST

Tras finalizar las 6 semanas de protocolo, se realizarán las mismas 3 sesiones que se les realizó al comienzo del estudio, durante las pruebas PRE. De este modo, se podrá realizar una comparativa entre el comienzo y el final del estudio, tanto dentro de los grupos, como entre ellos, observando así si las hipótesis se han cumplido o no.

Análisis de datos

Al tratarse todas las variables, de carácter cuantitativo, los datos que se recojan de las sesiones PRE y POST, serán registradas en un programa estadístico informático, en este caso utilizaremos el SPSS versión 26. Con ayuda de esta herramienta podremos valorar al final de la investigación si se ha producido un cambio en las características musculares de los sujetos, así como en las capacidades de fuerza y resistencia, y contestar a las hipótesis planteadas.

Equipo investigador

Para el desarrollo del estudio, serán necesarios los siguientes cargos:

- Un director de investigación
- 3 estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
- 1 asesor médico

Viabilidad del estudio

En vistas de la realización de esta investigación, es posible que ocurran ciertos problemas con la gestión o ejecución. Con el objetivo de prever dichos problemas, se ha realizado una enumeración de los más posibles, y se han propuesto soluciones:

- Problemas con la duración del estudio: Se trata de una investigación para la cual se necesitan 2 meses de intervención. Aunque se ha colocado al finalizar la temporada, periodo en el cual los judokas tienen mayor libertad y descanso, algún sujeto puede requerir entrenamientos adicionales.
 - La solución propuesta es, que se informe de los entrenamientos adicionales al equipo de investigación, y que estos ajusten la carga de los entrenamientos controlados, para que el producto final muestre la menor variabilidad posible.
- Lesión durante el estudio
 - Se valorará el estado de la lesión. De poder continuar el estudio, bajando las cargas, se le transferirá al grupo oclusivo, donde los porcentajes son mucho menores. De no poder continuar el estudio, se le retirará de la investigación.
- Problemas cardiovasculares: Aunque siguiendo las indicaciones del fabricante de los manguitos oclusivos, y con presiones controladas, no debería haber ningún riesgo cardiovascular, al tratarse de una situación de rendimiento deportivo, el nivel de exigencia es mayor.
 - Se ha incluido un asesor médico dentro del equipo de investigación, que valorará las situaciones de riesgo cardiovascular de los sujetos que realicen el protocolo de oclusión sanguínea.
- Financiación: El proyecto de investigación planteado, requiere de material específico, así como de un lugar de entrenamiento controlado durante 2 meses. Esto supone una gran cantidad de dinero.
 - Se solicitará la realización del estudio en Centros de Alto Rendimiento Deportivo, donde las instalaciones y material, así como los sujetos, son idóneos para la realización de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Amani, A. R., Sadeghi, H., & Afsharnezhad, T. (2018). Interval Training with Blood Flow Restriction on Aerobic Performance among Young Soccer Players at Transition Phase. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2). <https://doi.org/10.26773/mjssm.180901>
- Ayalon, A., Inbar, O., & Bar-Or, O. (1974). Relationships Among measurements of explosive strength and anaerobic power. In *Biomechanics IV* (pp. 572–577). Macmillan Education UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-02612-8_85
- Badillo, J. (1995). *Fundamentos Del Entrenamiento de La Fuerza*.
- Bjornsen, T., Wernbom, M., Kirketeig, A., Paulsen, G., Samnøy, L., BÆkken, L., Cameron-Smith, D., Berntsen, S., & Raastad, T. (2019). Type 1 Muscle Fiber Hypertrophy after Blood Flow–restricted Training in Powerlifters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(2), 288–298. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001775>
- 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>
- Brown, L. (2018). *Entrenamiento de la fuerza*.
- Campos, Y. D., Guimarães, M. P., Souza, H. L., Silva, G. P., Domingos, P. R., Resende, N. M., Silva, S. F., & Vianna, J. M. (2017). Relación entre el Umbral Anaeróbico Identificado a través del Lactato Sanguíneo y Los Ejercicios Discontinuos y Dinámicos Resistidos en los Corredores de Larga Distancia. *PubliCE*.
- Early, K. S., Rockhill, M., Bryan, A., Tyo, B., Buuck, D., & McGinty, J. (2020). Effect of blood flow restriction training on muscular performance, pain and vascular function. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 892–900. <https://doi.org/10.26603/ijspt20200892>

- Essendrop, M., Schibye, B., & Hansen, K. (2001). Reliability of isometric muscle strength tests for the trunk, hands and shoulders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(6), 379–387. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(01\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(01)00044-0)
- Flores-García, L. A. (2019). El entrenamiento con oclusión vascular (EOV) como alternativa en rehabilitación muscular. *Revista de Sanidad Militar*, 73(3–4), 234–242. https://doi.org/10.35366/SM193_4G
- Franco, J., Quintino, L. F., & Faria, C. D. C. de M. (2020). Does grip strength predict lower limb global strength in subjects with stroke? *Fisioterapia Em Movimento*, 33. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.033.ao24>
- García, D., Herrero, J., & de Paz, J. (2003). Metodología del entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 3(12), 190–204.
- Ghosh, J., & Kapur, R. (2017). Role of mTORC1–S6K1 signaling pathway in regulation of hematopoietic stem cell and acute myeloid leukemia. *Experimental Hematology*, 50, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.exphem.2017.02.004>
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Harre, D. (1976). *Trainingslehre* (6th ed.).
- Hides, J., Wilson, S., Stanton, W., McMahon, S., Keto, H., McMahon, K., Bryant, M., & Richardson, C. (2006). An MRI Investigation Into the Function of the Transversus Abdominis Muscle During “Drawing-In” of the Abdominal Wall. *Spine*, 31(6), E175–E178. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000202740.86338.df>
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, 31(01), 1–4. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1239499>

- Mann, J. B., Ivey, P. A., & Sayers, S. P. (2015). Velocity-Based Training in Football. *Strength & Conditioning Journal*, 37(6), 52–57. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000177>
- Pignanelli, C., Christiansen, D., & Burr, J. F. (2021). Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *Journal of Applied Physiology*, 130(4), 1163–1170. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00982.2020>
- Schoenfeld, B. (2017). *Ciencia y desarrollo de la hipertrofia muscular*.
- Weineck, J. (2016). *Entrenamiento total* (1st ed.).
- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion Training Increases Muscular Strength in Division IA Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2523–2529. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2b0e>
- Zhang, P., Liang, X., Shan, T., Jiang, Q., Deng, C., Zheng, R., & Kuang, S. (2015). mTOR is necessary for proper satellite cell activity and skeletal muscle regeneration. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 463(1–2), 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.05.032>