



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza

Trabajo de Fin de Grado

Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en deportes de equipo: una revisión bibliográfica

Effects of blood flow restriction training on team-sports: a bibliographic review

Por Ignacio Gimeno Macipe

Tutor: Borja Muñoz Pardos

Área de Educación Física y Deportiva

Curso 2021/2022

Diciembre 2022

Índice

Resumen	4
Abstract.....	5
Listado de abreviaturas	6
1. Introducción	7
2. Material y métodos.....	11
2.1. Selección de artículos	11
2.2. Criterios de Elegibilidad	12
3. Resultados	13
3.1. Características de los artículos.....	13
3.2. Características de las poblaciones.....	16
3.3. Características del manguito de presión en los distintos estudios	17
3.4. Protocolos de entrenamiento utilizados	18
4. Principales hallazgos	20
5. Discusión.....	29
5.1. Entrenamiento de fuerza	29
5.2. Entrenamiento cardiovascular o de resistencia	32
5.3. RFS durante acciones deportivas específicas	35
5.4. Rehabilitación de lesiones	35
6. Fortalezas y debilidades	39
7. Conclusiones	41

8. Perspectivas de futuro	42
Bibliografía.....	43

Resumen

Introducción

La actualidad competitiva de los deportes de equipo se caracteriza por una alta carga de entrenamientos y partidos. Debido a esto, los cuerpos técnicos buscan los mejores métodos para producir beneficios en sus deportistas, generando la menor fatiga posible que perjudique el rendimiento en competición. Uno de estos novedosos métodos recibe el nombre de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (RFS).

Objetivos

El objetivo de la revisión es analizar los efectos del entrenamiento con RFS en variables importantes para los deportes de equipo. A partir de esto, valorar sus posibles usos a lo largo del proceso de entrenamiento en estos deportes.

Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica de todo lo que se conocía sobre el tema hasta el momento. La búsqueda se realizó en Pubmed, Web Of Science y SportDiscus. Tras la criba de artículos, el número final de artículos revisados fue 29.

Resultados

De los 29 artículos, 12 se realizaron con una muestra de jugadores de fútbol, de rugby o de fútbol americano. Además, cinco de los artículos fueron dirigidos a jugadores de baloncesto. El resto de los artículos estudiaron: netball, fútbol sala, voleibol y otros deportes. Por otro lado, de todos estos artículos, 14, se centraron en las ganancias de fuerza, 5, en las de resistencia y los restantes, en otros aspectos importantes para el rendimiento en deportes de equipo.

Conclusiones

Tras la revisión de los artículos, parece apreciarse cierto efecto del entrenamiento RFS con respecto a un entrenamiento tradicional realizado con la misma carga. Sin embargo, el entrenamiento tradicional de alta intensidad parece ejercer un efecto superior en las distintas capacidades. Los cuerpos técnicos deben analizar su contexto propio y valorar si su uso, en su situación, es pertinente.

Palabras clave

Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo, Kaatsu, deportes de equipo, deportes de colaboración, rendimiento, revisión bibliográfica

Abstract

Background

The current competitive situation in team sports is characterised by a high training and match load. For this reason, coaching staffs are looking for the best methods to produce benefits in their athletes, generating as little fatigue as possible to impair performance in competition. One of these novel methods is called Blood Flow restriction Training (BFR).

Aim

The aim of the review is to analyse the effects of BFR training on variables important for team sports. As a result, to assess its possible uses throughout the training process in these sports.

Methods

A bibliographic review of everything known on the subject to date was carried out. The search was carried out in Pubmed, Web Of Science and SportDiscus. After screening the articles, the final number of articles reviewed was 29.

Results

Of the 29 articles, 12 were conducted with a sample of football, rugby or American football players. In addition, five of the articles were directed at basketball players. The rest of the articles studied netball, futsal, volleyball and other sports. On the other hand, of all these articles, 14 focused on strength gains, 5 on endurance gains and the remaining ones on other aspects important for performance in team sports.

Conclusions

After reviewing the articles, it seems that there is a certain effect of BFR training compared to traditional training with the same load. However, traditional high intensity training seems to have a superior effect on the different capacities. Coaches should analyse their own context and assess whether its use in their situation is relevant.

Key words

Blood flow restriction therapy, Kaatsu, team-sports, interactive sports, performance, bibliographic review.

Listado de abreviaturas

- RFS: Restricción del flujo sanguíneo
- WOS: Web Of Science
- RM: Repetición máxima
- HC: Hormona del crecimiento
- FC: Frecuencia cardíaca
- mmHg: Miligramos de mercurio
- EH: Entrenamiento hipóxico
- CSA: Área de sección transversal
- CMJ: Salto con contra movimiento
- VO₂ máx.: Volumen de oxígeno máximo
- HIIT: Entrenamiento interválico de alta intensidad
- CK: Creatina quinasa
- LDH: Lactato deshidrogenasa
- F/M ratio: ratio folistatina/miostatina
- MSTN: Miostatina
- IGF-1: Factor de crecimiento insulínico tipo 1
- VE máx.: Volumen máximo de eyección

1. Introducción

Los deportes de equipo son eventos que atraen una gran atención del público. En la élite de estos deportes, esta gran demanda está causando un aumento en la frecuencia de competición haciendo que los deportistas tengan menos tiempo de recuperación, lo que da lugar a una mayor incidencia de lesiones. Debido a esto, las estrategias que buscan mejorar el rendimiento competitivo, reduciendo el riesgo de lesiones o de sobreentrenamiento están ganando cada vez más importancia e interés por parte de los cuerpos técnicos.

Los deportes de colaboración o equipo son deportes caracterizados generalmente por ser eventos de media-larga duración con esfuerzos intermitentes (1). Estos esfuerzos pueden estar divididos en esfuerzos de baja intensidad y en esfuerzos explosivos y de alta intensidad, los cuales se consideran clave o decisivos para el rendimiento en este tipo de deportes (2). Generalmente, el descanso entre estos esfuerzos es activo, aunque también hay deportes en los que existe la posibilidad de realizar un descanso estático mientras te sustituye otro jugador. Por otra parte, debido a la naturaleza híbrida de estos deportes, aspectos como la velocidad y capacidad de eliminación de lactato en sangre, aumento del VO₂ máx., potencia anaeróbica aláctica, aumento de capacidades como la fuerza, la agilidad, la coordinación, etc., y de aspectos técnico-tácticos específicos de cada deporte deberán ser el foco de la intervención del cuerpo técnico (1,3).

A raíz de esta creciente necesidad de optimizar el rendimiento de las distintas capacidades, reduciendo la fatiga o daño muscular causados por el entrenamiento tradicional, recientemente, ha comenzado a ganar importancia y popularidad un método de entrenamiento que podría reunir estas características. Esta novedosa técnica recibe el nombre de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (RFS) (4).

El entrenamiento con RFS o también llamado entrenamiento “Kaatsu” fue ideada por el investigador japonés Yoshiaki Sato hace unos 50 años y se empezó a popularizar a mediados de los 80’s (4). Esta técnica se basa en reducir el aporte sanguíneo a los músculos por mediación de un manguito o banda que aplica una compresión mecánica a los vasos de una o varias extremidades. Esta compresión se aplica en la parte más proximal del músculo y puede realizarse durante el ejercicio (5) o durante periodos de inactividad o descanso (6). El efecto generado es un aumento del estrés metabólico local favoreciendo adaptaciones musculares, hormonales y vasculares (7).

La explicación teórica que avala este método es que, al aplicar esta presión en la zona proximal de brazos o piernas, se limita el aporte de oxígeno a los músculos por vía sanguínea lo que produce un estado de hipoxia local en la extremidad involucrada (7). Este condicionante, aumentaría el reclutamiento de fibras tipo II para un porcentaje del RM en el que, como norma general, no se activarían (8).

A su vez, se desencadena un aumento en la tensión mecánica y en el estrés metabólico lo que produce una acumulación de productos metabólicos en el medio. A raíz de esto, se produce una reducción del pH interno debido a la acumulación de lactato ocasionando un estado de acidosis metabólica (9). Gracias a esta acumulación de metabolitos, se estimula el nervio simpático y el sistema hipotálamo-hipofisario provocando un aumento de la concentración de hormona de crecimiento (HC) en el plasma (8).

Dentro de la literatura se han encontrado efectos beneficiosos tanto en personas sedentarias como en personas bien entrenadas o atletas (5,10). Las publicaciones relatan efectividad del método tanto en el aumento de fuerza (11), como en la mejora del rendimiento aeróbico (12). Pese a esto, se debe tener precaución con estos resultados ya que también existen artículos que indican ineffectividad del método (13). El método de

entrenamiento en cuestión, parece de gran utilidad para poblaciones que tengan limitaciones para trabajar con cargas externas del 70% o superior. Últimamente, se ha postulado como una opción muy interesante en pacientes durante su rehabilitación que sufren de atrofia muscular o que necesitan de una ganancia de fuerza o resistencia y que no pueden soportar estas cargas de trabajo debido a su limitación física (14). Sin embargo, su aplicación en atletas y población sana suscita una mayor duda en los investigadores.

En relación a esto, el entrenamiento considerado “Gold standard” para mejorar las ganancias de fuerza e hipertrofia se ha basado tradicionalmente en el trabajo con cargas elevadas (70%-85% del 1RM) con un número medio-alto de repeticiones (8-15 repeticiones) (15). En los últimos años se han encontrado estudios que indican que el entrenamiento de baja intensidad con RFS puede producir efectos similares en fuerza e hipertrofia al entrenamiento tradicional (10).

Como se menciona previamente, el entrenamiento con RFS produce un aumento de la tensión muscular y del estrés metabólico. Dicha combinación es considerada como uno de los pilares del crecimiento muscular (16). Debido a esto, se produce un aumento en la secreción de HC y la activación de la ruta mTOR, lo que causa, en parte, este aumento en la hipertrofia muscular (9). Teniendo en cuenta estas consideraciones, se cree que el aumento de la fuerza proporcionado por este método se da, en mayor parte, a nivel estructural y periférico que a nivel neural. Aun sabiendo todo esto, es necesaria más evidencia al respecto.

Estudiado en menor medida, encontramos los efectos del entrenamiento con RFS en la capacidad aeróbica. Aun así, como se menciona previamente, también existen estudios que demuestran efectos positivos del método. Una posible explicación es que, para una intensidad de ejercicio dada, la RFS provoca una reducción del flujo sanguíneo arterial y

aumenta el venoso dentro de la extremidad acarreado un aumento de la frecuencia cardiaca (FC) y del volumen de eyección. Esta combinación, a la larga, provocará adaptaciones cardiovasculares mayores a las realizadas sin RFS a nivel vascular, como por ejemplo, cierta hipertrofia ventricular (17).

Añadiendo a todo lo mencionado en los párrafos previos, resulta evidente que, para producir mejoras en cualquier deporte, el proceso de entrenamiento debe acercarse al máximo a lo que ocurre en competición. Es por ello que técnicas como juegos reales reducidos y la simulación de situaciones reales ocupan un mayor espacio temporal en el proceso de entrenamiento. Por este motivo, el entrenamiento analítico enfocado a optimizar el rendimiento en distintas capacidades físicas necesarias para la competición, como la fuerza, la velocidad, la resistencia, etc. cuentan con un tiempo de entrenamiento más reducido. Dado el elevado número de partidos, el empleo de una técnica que aumente este rendimiento sin implicar excesiva fatiga en el musculo y tiempo de práctica, se presenta crucial para el proceso de entrenamiento en los deportes de equipo.

Aun así, no deja de ser una técnica novedosa la cual se ha estudiado poco en este tipo de deportes. Por lo tanto, las conclusiones generales son difícilmente extraíbles y no se ha llegado todavía a un consenso sobre el tema.

Sabiendo todo esto, el objetivo del estudio es realizar una revisión bibliográfica sobre los efectos del entrenamiento con RFS en deportes colectivos y en las distintas capacidades que sean claves en estos deportes valorando si este método puede resultar efectivo o no. Secundariamente, el estudio trata de encontrar qué protocolos de entrenamiento con RFS podrían ser más efectivos en deportes de equipo de forma específica. Previa a la lectura, se hipotetiza una aplicación similar del método en los distintos deportes dada la naturaleza común de estos.

2. Material y métodos

2.1. Selección de artículos

El estudio realizado se trata de una revisión bibliográfica que recoge la literatura existente en inglés y en español. La literatura escogida fue seleccionada durante los meses de Octubre y Noviembre de 2022 utilizando las bases de datos Pubmed, Web of Science (WOS) y SportDiscus.

La búsqueda en la base de datos de PubMed fue: (("Blood Flow Restriction" OR "Vascular occlusion" OR "Blood Flow Restriction Therapy"[Mesh] OR "Ischemic Training" OR "ischemia" OR "blood flow reduction" OR "Kaatsu")) AND ("Resistance Training"[Mesh] OR "Endurance Training"[Mesh] OR "High-Intensity Interval Training"[Mesh] OR "Exercise"[Mesh]) AND ("Team Sports"[Mesh] OR "soccer" OR "Hockey" OR "rugby" OR "handball" OR "basketball" OR "Volleyball" OR "football" OR "sport)) con la cual se obtuvieron 350 artículos.

Por otro lado, la búsqueda en SportDiscus fue ("Blood Flow Restriction" OR "Vascular occlusion" OR "Blood Flow Restriction Therapy" OR "Ischemic Training" OR "ischemia" OR "blood flow reduction" OR "Kaatsu") AND ("Team Sports" OR "soccer" OR "Hockey" OR "rugby" OR "handball" OR "basketball" OR "Volleyball" OR "football"). Con esta búsqueda se consiguieron 55 resultados.

De forma adicional, se realizó la búsqueda (ALL=(blood restriction training)) AND ALL=(team sports) en WOS con la que se añadieron ocho artículos. Por último, se seleccionaron seis artículos por otras vías y bases de datos.

Sumando todas las referencias, se someterían a un proceso de inclusión más exhaustiva 419 artículos. Estos se sometieron a una fase de cribado y elegibilidad leyendo el título y el resumen tras la cual quedaron un total de 58 artículos.

2.2.Criterios de Elegibilidad

Los criterios de inclusión en este caso requerían que los artículos se centrasen en el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en deportes de equipo o en aspectos importantes para el rendimiento en deportes de equipo y que estuviesen enfocados al rendimiento. Por este motivo, 27 de los 58 artículos fueron excluidos de la revisión final.

Asimismo, no se seleccionaron dos artículos que estudiaban únicamente a dos deportistas ya que puede entenderse como explicación de la técnica más que presentación de una investigación.

De esta manera, se seleccionaron para la revisión final 29 artículos que cumplían los criterios de inclusión.

3. Resultados

El diagrama de flujo que vemos a continuación representa el proceso de búsqueda, selección e inclusión realizado en el estudio (Figura 1).

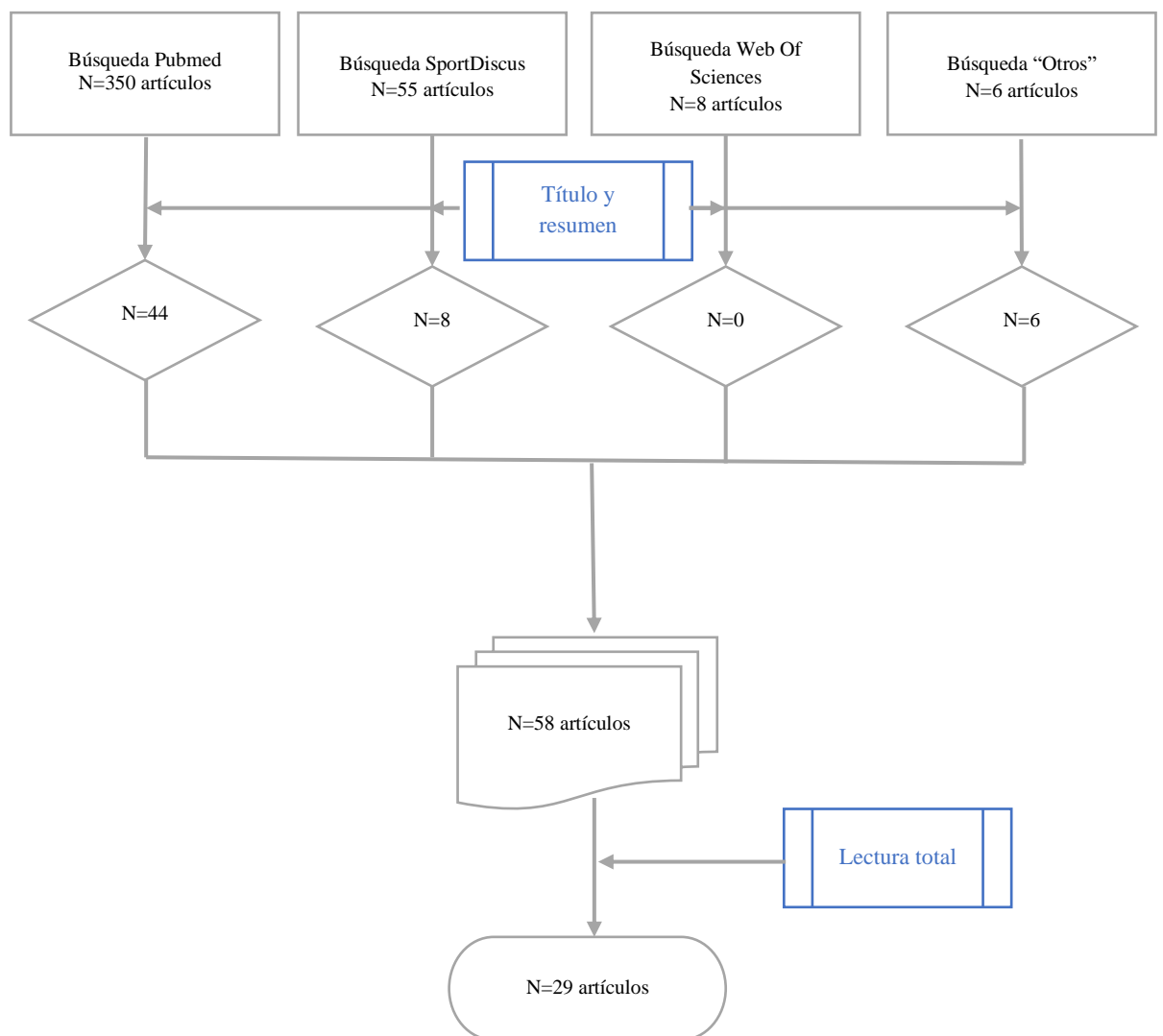


Figura 1. Diagrama de flujo

3.1. Características de los artículos

Las características principales de cada uno de los artículos se recogen en la tabla 1 y 3.

Genero	
Masculino	24
Femenino	3
Mixto	2
Muestra	
0 a 10	0
10 a 25	24
26 a 50	4
>50	1
Objeto de estudio	
Fuerza	14
Resistencia	5
Otros	10
Duración del estudio	
1 sesión	12
1-2 semanas	2
3-8 semanas	15
>8 semanas	0
Deporte estudiado	
Fútbol	6
Netball	2
Fútbol sala	2
Futbol americano y rugby	6
Baloncesto	5
Voleibol	2
Balonmano	0
Deportes de equipo	2
Sin deporte específico	4

Tabla 1. Características de los estudios y cantidad de estudios seleccionados.

Como se puede apreciar en la selección de artículos, una gran mayoría de ellos (82%) contaba con una muestra de entre 10 y 25 deportistas. Con este dato se puede intuir que la muestra en estos artículos suele estar constituida por un único equipo ya que estos se componen de entre 10 y 25 jugadores.

Por otra parte, el 58% de los artículos estuvieron centrados en el fútbol, fútbol americano, rugby y baloncesto. A priori, deportes con mayor seguimiento y mayoritarios que, por lo

tanto, cuentan con un mayor presupuesto para investigación. Deportes como fútbol sala, balonmano, netball y voleibol representan tan solo el 21% de la muestra final de artículos. También se incluyeron en la revisión artículos que se centraban en los deportes de equipo como conjunto y no en un deporte en específico (7%) y otros que comparaban otro tipo de deportistas (14%).

Como bien se menciona en la literatura, la cualidad física más estudiada y relacionada con el entrenamiento con RFS es la fuerza. En esta revisión casi la mitad de artículos (48%) tenían como objetivo evaluar los efectos en esta capacidad. Adicionalmente, algunos estudios han considerado que, debido a las cualidades del método, la capacidad aeróbica y de resistencia cardiovascular podría también verse afectada. Cinco de los veintinueve artículos están centrados en este aspecto específicamente.

El efecto agudo de este entrenamiento es un motivo habitual de estudio (41%) en los deportes de cara a conseguir un efecto ergogénico en la competición u optimizar el tiempo de recuperación. Para medir esto se han utilizado métodos de una única sesión en la que se hacían distintos tests y se comparaba el efecto entre usar o no usar RFS (18–20).

Una peculiaridad de este campo es que ningún estudio revisado es de una duración mayor a 8 semanas por lo que no se cuentan con evidencias longitudinales y a largo plazo sobre el tema de estudio.

Por último, como puede verse en la tabla 2, se puede apreciar un creciente interés en el campo de la investigación por el efecto de este método de entrenamiento dentro de los deportes de equipo. Gracias a ello, podemos intuir una mayor evidencia científica con el paso de los años.

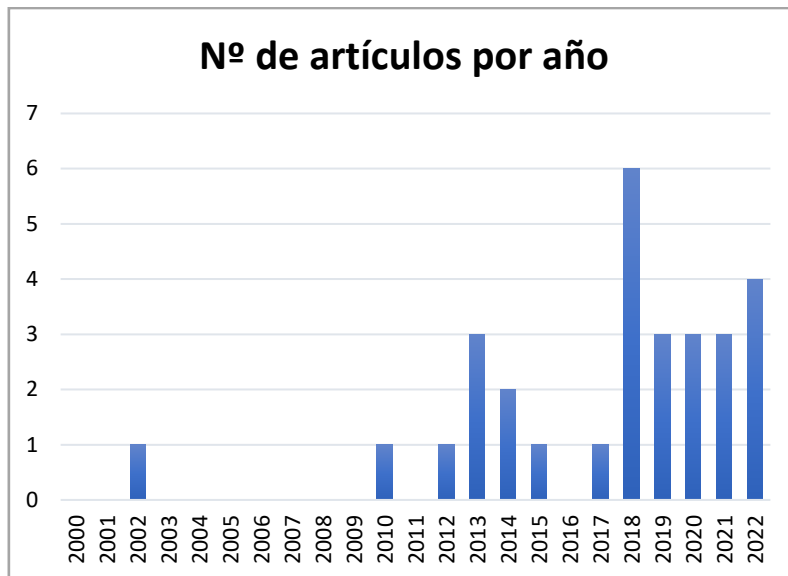


Tabla 2. N.º de artículos seleccionados por año.

3.2. Características de las poblaciones

Los deportistas de élite habitualmente siguen una serie de características comunes que la muestra de los artículos seleccionados corrobora. Estos deportistas suelen tener entre 18 y 30 años en su etapa de rendimiento. Los menores de 18 años están en la transición entre etapa de formación y etapa de rendimiento, mientras que los mayores de 30 años comienzan a entrar progresivamente en un detrimento de sus capacidades físicas que hacen que poco a poco, sean excluidos de la élite. Por este motivo, la edad de la población de los distintos estudios seleccionados oscila en torno a estas edades.

Por otro lado, los deportes de competición en equipos de élite con alta financiación han estado más ligados al género masculino a lo largo de los años. Últimamente, el papel del sector femenino en el deporte ha ido aumentando y poco a poco se va viendo una mayor inclusión de la mujer en el deporte de élite. Pese a esta pequeña mejora, el dinero y la investigación destinada a este sector continúa siendo muy inferior al del hombre. En el presente estudio, solamente tres artículos se centraron en el efecto del entrenamiento RFS en la mujer. Dos artículos más incluyen al sector femenino teniendo un carácter mixto (Tabla 1).

Por último, es importante mencionar que dentro de la homogeneidad que implica elegir deportistas de un mismo equipo, existen ciertas diferencias interindividuales. En los deportes de equipo, es habitual tener perfiles muy diferenciados que cumplen distintos objetivos a lo largo de la competición. De aquí que las distintas posiciones existentes dentro de cada deporte tengan unas cualidades distintas. Debido a esto, resulta crucial emparejar las muestras por cualidades para garantizar la fiabilidad de los resultados.

3.3. Características del manguito de presión en los distintos estudios

Un aspecto importante a tener en cuenta en esta revisión es el tipo de manguito y los datos de presión utilizados en cada estudio. Se ha demostrado que distintos tamaños y presiones del manguito producen respuestas de diferente intensidad (21).

Existen distintos métodos para aplicar el “Kaatsu”. La que más se ha utilizado es el uso de un manguito de presión creado específicamente para este entrenamiento. Sin embargo, este método resulta inviable para muchos deportistas que no cuentan con el presupuesto necesario.

En el caso de no tener presupuesto suficiente se ha propuesto el uso de bandas elásticas (22) que rodeen la extremidad restringiendo el flujo sanguíneo. En este caso, una percepción de dolor/oclusión de 7 sobre 10 se ha estipulado como óptima para este entrenamiento. Esta técnica es más económica pero mucho más imprecisa que las demás.

Otras características que difieren entre estudios son la anchura y la presión aplicada por el manguito. Como norma general, una mayor anchura del brazalete produce una restricción mayor del flujo sanguíneo (23) produciendo en algunos casos, efectos superiores a los causados por un manguito más estrecho (24). La anchura del brazalete en los estudios seleccionados va de 5 a 21 centímetros.

En relación a la presión, existe una gran controversia acerca del método de aplicación óptimo y, por lo tanto, no existen recomendaciones específicas. En un principio, se comenzó utilizando la presión sistólica braquial. Con el tiempo, se demostró que no era una técnica correcta, sobre todo en la extremidad inferior. A continuación, se comenzó a utilizar la RFS en relación al porcentaje de restricción completa arterial estableciéndose como óptimas presiones entre el 50% y el 80%. Adicionalmente, otra técnica se ha considerado correcta si hablamos de la extremidad inferior. Esta técnica se basa en establecer la presión en relación a la circunferencia del muslo.

En los estudios seleccionados se han utilizado varios de los métodos mencionados. Los más utilizados son el % de restricción del flujo arterial y el uso de una misma presión en todos los sujetos.

3.4. Protocolos de entrenamiento utilizados

A lo largo de los estudios elegidos, un dato a remarcar es la heterogeneidad de la metodología empleada. Esto sucede ya que, debido al carácter de la revisión, se recopilaron todos los artículos en los que se estudiase el efecto de la RFS en las distintas capacidades físicas o mentales de cara a optimizar el rendimiento de competición en deportes colectivos. Por lo tanto, no se utilizará la misma metodología, por ejemplo, para medir la fuerza que para medir la resistencia.

Con respecto a la fuerza, los protocolos más frecuentes fueron utilizar intensidades de entre 20% y el 40% del 1RM (repetición máxima) (13,25–30) hasta el fallo con una velocidad constante de ejecución. El descanso habitualmente fue incompleto. También se desarrollaron entrenamientos con RFS y cargas altas (31,32).

Algunos estudios compararon el empleo de un porcentaje parejo del RM con y sin Kaatsu (11), mientras que otros artículos lo comparaban con un porcentaje distinto del 1RM entre el entrenamiento sin RFS y el entrenamiento con RFS (31). También hubo estudios que introdujeron un grupo control que no realizaba entrenamiento adicional (20,31,32).

Por otra parte, los estudios que se centraron en la resistencia utilizaron métodos de baja intensidad, como caminar (33), de media intensidad (12,34,35) y de alta intensidad (20,36,37).

Por último, merece la pena mencionar otros aspectos que se tuvieron en cuenta en algunos de los artículos. Algunos estudios midieron el efecto durante un entrenamiento real con la inclusión de bandas compresivas (38–40). Otros aplicaron oclusión sin ejercicio físico para evaluar el efecto de la compresión por sí mismo o su efecto en la recuperación pasiva entre esfuerzos (18,19,41–43). También se estudió el efecto de distintos esfuerzos a distintas intensidades con y sin RFS en atletas de distinto perfil deportivo (44). Finalmente, también se trató de observar el efecto del entrenamiento RFS de forma suplementaria al entrenamiento habitual (13,30).

4. Principales hallazgos

Se analizaron los 29 estudios que aparecen en la tabla 3. La mayor parte de ellos (69%) presenta algún tipo de efecto de mejora del entrenamiento con RFS en comparación con el entrenamiento sin RFS. Aun así y debido a la variabilidad mencionada anteriormente (diferente uso de manguitos, diferentes protocolos, diferentes poblaciones, etc.) existe cierta inconsistencia en los resultados.

La tabla 3 nos permite ver, de forma resumida, la información más relevante de los artículos centrados en los efectos del entrenamiento con RFS en deportes de equipo.

Primer autor, año	Título	Muestra	Protocolo de entrenamiento	Duración y frecuencia	Datos del manguito	Resultados	Importancia en deportes de equipo
Aleksandr Golubev (2021)	<i>Effect of KAATSU training on the maximum voluntary isometric contraction of lower extremity muscles of qualified football players.</i>	18 jugadores de fútbol	2 grupos: uno con RFS y otro sin con el mismo nivel de intensidad. Las sesiones constaban de sentadillas (40% RM) y extensiones de rodilla (25% RM) hasta el fallo con 40 s de descanso entre serie. Los entrenamientos duraban 15 minutos	19 días, 2 sesiones/semana	Manguito neumático con una presión de 400 SCU (Unidad estándar Kaatsu)	El estudio presentó mejoras retardadas en la fuerza muscular . También documentó un alto daño muscular post-ejercicio	Sugiere que, al ser un método agresivo, se utilice como máximo una vez a la semana durante periodos de competición.
Alireza Amani (2018)	<i>Interval Training with Blood Flow Restriction on Aerobic Performance among Young Soccer Players at Transition Phase.</i>	28 jugadores de fútbol	3 grupos: Entrenamiento normal, entrenamiento con Kaatsu y control . El entrenamiento fue aeróbico interválico de 400 metros x 3 series (primera semana) y 4 series (segunda semana) con 60-80 s de descanso entre series. La intensidad era de 60%-70% de la frecuencia cardiaca de reserva .	2 semanas.	Primera sesión 140 mmHg, a partir de la segunda 180 mmHg	Tras la intervención se mejoró el consumo máximo de oxígeno en ambos grupos experimentales , pero aumentó en mayor medida en el grupo con Kaatsu . También mejoró el tiempo hasta el agotamiento y la percepción de fatiga	El entrenamiento con restricción también podría ser efectivo para mejorar variables aeróbicas importantes en los deportes de equipo.
Apiwan Manimmanakorn (2013) a	<i>Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes</i>	30 netballers femeninas	3 grupos: uno con RFS , otro respirando aire hipóxico para generar una saturación del oxígeno arterial del 80% y otro sin estímulo adicional . Los 3 grupos realizaron 3 series de extensiones seguidas de 3 series de flexiones de rodilla al 20% RM hasta el fallo . 30 segundos descanso entre sets y 2 mins. entre ejercicios. Ratio 1:1s velocidad.	5 semanas	Manguitos Kaatsu. Anchura: 5 cm, 160 mmHg (aumentando 10 mmHg cada día durante 8 días, hasta 230 mmHg)	Mejoró la máxima contracción voluntaria durante 3s (fuerza explosiva) y 30 segundos (fuerza resistencia). También hubo cambios sustanciales en CSA y activación neural voluntaria . La RPE fue mayor en EHI que en RFS y el resultado en el test específico al deporte fue mejor en RFS .	RFS es más eficaz que EH para las netballers. Una carga del 20% del RM con RFS o EH puede ser una buena alternativa al entrenamiento de altas cargas para mejorar la fuerza.

Apiwan Manimmanakorn (2013) b	<i>Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes</i>	30 netballers femeninas	3 grupos: uno con RFS , otro respirando aire hipóxico para generar una saturación del oxígeno arterial del 80% y otro sin estímulo adicional . Los 3 grupos realizaron 3 series de extensiones seguidas de 3 series de flexiones de rodilla al 20% RM hasta el fallo . 30 segundos de descanso entre sets y 2 mins entre ejercicios. Ratio 1:1s velocidad.	5 semanas	Manguitos Kaatsu. Anchura: 5 cm, 160 mmHg (aumentando 10 mmHg cada día durante 8 días, hasta 230 mmHg)	Hubo una mayor actividad eléctrica durante los esfuerzos máximos en los 3 grupos , aunque esta fue menor en el entrenamiento hipóxico. El reclutamiento de fibras indicado por las pruebas fue mayor en el grupo control .	Hubo aumento en el reclutamiento de fibras y en la actividad eléctrica pero menor al grupo control. En este caso, no se reportan mejoras del grupo Experimental.
Brendan Scott (2017)	<i>The Effects of Supplementary Low-Load Blood Flow Restriction Training on Morphological and Performance-Based Adaptations in Team Sport Athletes</i>	19 jugadores de fútbol	Entrenamientos aplicados de forma suplementaria a sus sesiones de entrenamiento. 2 grupos: Con y sin RFS . El protocolo fue el mismo para ambos (sentadillas 4x30-15-15-15, 30 s descanso). La intensidad fue de 20% a 30% RM conforme avanzaban las sesiones.	5 semanas, 3 veces/semana	Anchura: 7,5 cms. Percepción de presión/dolor: 7/10.	No se observaron mejoras en esprints, aceleración y salto tras la intervención	Usar RFS de forma suplementaria en este caso no produjo mejoras. Se piensa que podría ser debido a la fatiga residual causada por el entrenamiento anterior que sería ya suficiente
Chen, Yun-Tsung (2021)	<i>Effects of Running Exercise Combined with Blood Flow Restriction on Strength and Sprint Performance</i>	12 esprints masculinos	Se realizaron 2 calentamientos. Carrera (al 50% de la frecuencia cardiaca de reserva 5x2min con un minuto de descanso entre series) con RFS y sin RFS . Luego se sometieron a una prueba de fuerza isocinética y a una prueba de sprint de 60 metros	1 sesión (Efecto agudo)	Anchura: 14,2 cms. con una presión de 148 mmHg también aplicada en los periodos de descanso.	Se observaron aumentos en las respuestas fisiológicas que no se tradujeron en una mejora visible del rendimiento en las pruebas.	Este calentamiento puede ser utilizado por los deportistas, ya que este aumento de respuestas fisiológicas puede reducir el riesgo de lesión, además de aumentar el rendimiento.
Christian J. Cook (2014)	<i>Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training</i>	20 jugadores de rugby	Grupo RFS o control que realizaron los mismos entrenamientos . 5x5reps de press de banca, sentadilla y dominadas al 70% del RM . 90 segundos entre series y 3 minutos entre ejercicios.	3 semanas, 3 veces/semana	Anchura: 10,5 cms, 180 mmHg solamente durante el ejercicio, descanso sin presión.	Se observaron mejoras en la fuerza, potencia y velocidad . Estos efectos fueron mayores en el grupo con RFS que en el tradicional. También se observó un efecto de transferencia cruzada en el grupo RFS	RFS con carga moderada-alta puede provocar beneficios en atletas en capacidades como la potencia y la fuerza. También puede ser utilizada en rehabilitación para provocar una adaptación mayor con una carga menor en articulaciones y tendones.

Emrah Korkmaz (2020)	<i>Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Architecture</i>	23 jugadores de fútbol	2 grupos: Entrenamiento de fuerza de alta intensidad (80% RM, 4x12reps) y baja intensidad+RFS (30% RM, 4x30-15-15-15 reps) . El ejercicio fue extensiones de rodilla unilaterales. 30 segundos de descanso entre series	6 semanas, 2 veces/semana	Anchura: 8,5 cms. Presión individualizada (130-150 mmHg)	Se observó una mejora del área muscular (CSA) en la pierna dominante tras el entrenamiento con RFS y un aumento de la fuerza similar al tradicional . También se produjo un aumento de la fatiga percibida con RFS .	El RFS con intensidad baja fue de igual eficacia que el tradicional de alta intensidad en deportistas bien entrenados. Su efectividad a largo plazo está por probar
Florian Husmann (2018)	<i>Impact of Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue Development and Recovery</i>	17 hombres sanos	Se realizaron extensiones de rodilla de baja intensidad (4 series de 30-15-15-15 repeticiones) con y sin RFS .	1 sesión (Efecto agudo)	Anchura: 10 cms. 60% de la presión arterial	Se observó un aumento de la fatiga muscular inmediatamente posterior al ejercicio en el grupo con RFS . De manera interesante, tras 2 minutos de reperusión esta fatiga disminuyó considerablemente	El entrenamiento con RFS produce un gran estrés metabólico en el momento de la aplicación causando fatiga. Esta fatiga, si se cesa la presión aplicada se reduce significativamente.
Jean-François Fortin (2019)	<i>Blood-Flow Restricted Warm-Up Alters Muscle Hemodynamics and Oxygenation during Repeated Sprints in American Football Players.</i>	16 jugadores de fútbol americano	Se dividieron en calentamiento RFS (7/10) durante 15 mins o calentamiento regular (3/10) y se realizó una prueba de esprints repetidos 12x20m con 20 s de descanso	1 sesión (Efecto agudo)	Banda elástica. Sensación de presión 7/10	La aplicación RFS aumentó el volumen local de sangre, disminuyó la desoxigenación muscular y aumentó la oxigenación muscular en algunos tramos del test en mayor medida que el calentamiento tradicional. Aun así, no se tradujo en una mejora sustancial del rendimiento en este test.	Un calentamiento aplicando RFS no fue beneficioso respecto a uno tradicional.
Jiaoqin Wang (2022)	<i>Effect of Leg Half-Squat Training with Blood Flow Restriction Under Different External Loads on Strength and Vertical Jumping Performance in Well-Trained Volleyball Players</i>	18 jugadores de voleibol	Exp: 30% RM y 70% RM con RFS , Control: 70% RM sin RFS . Sentadilla unilateral en todos los casos 8x4sets con descanso de 1 min. Los que hacían baja carga con RFS 4x75reps.	8 semanas, 24 entrenamientos	Anchura: 7 cms, 50 % restricción arterial	Los dos entrenamientos con cargas altas fueron superiores en salto y fuerza . Las mejoras fueron mayores en el RFS, pero no significativas	No recomienda utilizar RFS con cargas bajas en el entrenamiento de fuerza.

Júlio César Gomes da Silva (2018)	<i>Mood Effects of Blood Flow Restriction Resistance Exercise Among Basketball Players</i>	11 baloncestistas masculinos	Los mismos deportistas hicieron los 2 protocolos separados por 7 días y se sometieron a la Brunel mood scale. Los entrenamientos fueron sentadillas RFS : 1x30, 3x15 reps al 30% con 30 segundos de descanso. Velocidad de 2:2 s. TRAD : 75% 3x10 con 135 s de descanso	1 sesión (Efecto agudo)	Anchura: 13 cms, se hinchó hasta 80% de restricción del flujo arterial	Mayor sensación de fatiga en RFS , el vigor decreció por 33%. Mayor reducción del estado de ánimo con el entrenamiento RFS	No aplicar antes de la competición, mayor sensación de fatiga y menor estado de animo
Julio Silva (2019)	<i>Aerobic exercise with blood flow restriction affects mood state in a similar fashion to high intensity interval exercise</i>	22 jugadores de fútbol americano	3 grupos experimentales: ejercicio aeróbico (40% VO2 máx.), aeróbico con RFS (40% VO2 máx. + RFS) y HIIT (80% VO2 máx. durante actividad y 40% durante el descanso). Se midió el estado de ánimo con el test de Brunel, 30 mins y 1 hora post-ejercicio	1 sesión (Efecto agudo)	50% de la presión arterial total	HIIT y RFS obtuvieron un incremento en fatiga y tensión psicológica a la vez que una reducción en vigor similar y superior al entrenamiento aeróbico normal	RFS provoca una sensación de fatiga elevada al igual que un HIIT, lo que deja entrever un posible efecto sobre las distintas capacidades. Aun así, realizarlo antes de competición puede ser demasiado ya que la sensación de fatiga continúa tras 1 hora.
Koki Ienaga (2022)	<i>Augmented muscle deoxygenation during repeated sprint exercise with post-exercise blood flow restriction</i>	11 hombres sanos	2 grupos de recuperación. Realizaron recuperación pasiva de 24 segundos entre esprints, uno con RFS y otro sin . La prueba a realizar fue 3 series de 3 esprints de 6 segundos en cicloergómetro. 5 minutos de descanso entre series.	1 sesión (Efecto agudo)	Entre 70 y 120 mmHg	Se mejoraron niveles de saturación de oxígeno en el musculo durante RFS que no afectó al ejercicio ni a la potencia.	Si se demostrase un efecto superior del RFS podría ser muy interesante para aplicar en periodos de descanso en competición. Sobre todo, en aquellos en los que se puede descansar fuera del campo y luego volver a entrar (baloncesto, fútbol sala...)
Mohammed Elgammal (2020)	<i>The Effects of Repeated Sprint Training with Blood Flow Restriction on Strength, Anaerobic and Aerobic Performance in Basketball</i>	24 jugadores de baloncesto	Entrenamiento de esprints repetidos con y sin restricción . 3x8 esprints máximos. 4 minutos entre serie y 20 segundos entre esprints. Estos esprints eran de 15 m	4 semanas, 3 sesiones/semana	Manguito elástico. La presión comenzó a 100 mmHg y aumento 10 mmHg cada sesión hasta llegar a 160 mmHg	Mejora capacidad aeróbica y fuerza del tren inferior en mayor medida con RFS . No se observaron mejoras en el rendimiento anaeróbico	Resulta más efectivo entrenar con RFS que sin nada en un test bastante específico de basket (esprints repetidos) aunque no mejoró la capacidad anaeróbica.

Mozhdeh Khajehlan di (2018)	<i>Effect of One Session of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Serum Levels of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase in Female Athletes</i>	30 jugadoras femeninas de basket	3 grupos: Tradicional (80% RM), fuerza con oclusión (30% RM), Control (oclusión, pero sin ejercicio). Barbell curl, 30 reps, 2xfallo, 30 segundos de descanso	1 sesión (Efecto agudo)	120 mmHg y en descanso 0	No hubo diferencias entre la secreción de CK y LDH	Los distintos métodos no reportan diferencias en cuanto a marcadores de daño muscular.
Natalie Williams (2018)	<i>The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players</i>	24 jugadores de rugby	El grupo experimental se sometió a RFS solamente durante el descanso entre series y el grupo control descansó sin RFS . El test fue 6 esprints de 50 metros con 5 minutos de descanso entre esprints	1 sesión (Efecto agudo)	Anchura: 11 cms. Experimental: 171-266 mmHg (calculadas de forma individualizada), Control: 15 mmHg	La aplicación de RFS no tuvo influencia en la respuesta fisiológica y neuromuscular en las 24 horas post-ejercicio.	Los datos del actual estudio no produjeron cambios ni positivos ni negativos en la recuperación por lo que estos métodos no parecen idóneos para aplicar durante el descanso.
Neil Gibson (2013)	<i>Effect of Ischemic Preconditioning on Land-Based Sprinting in Team-Sport Athletes.</i>	25 atletas involucrados en deportes de equipo de invasión. (16 hombres y 9 mujeres)	2 grupos: un grupo control y otro que realizó pre acondicionamiento isquémico (3x5 minutos cada pierna, 5 minutos de reperusión entre serie). Después de esto, los sujetos se sometieron a realizar 3 esprints máximos de 10 metros con 1 minuto de descanso entre esprints.	1 sesión (Efecto agudo)	Experimental: 220 mmHg. Control: 50 mmHg	No se observaron cambios en la velocidad lineal en 30 metros en participantes masculinos. Sin embargo, se apreció un efecto perjudicial en mujeres.	Se cree que los efectos comenzarían a verse con desplazamientos más largos, lo cual no suele ocurrir en deportes de equipo. Se debe ser precavido al usarlo con mujeres.
Neil Gibson (2015)	<i>Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes.</i>	16 jugadores de deportes de equipo (9 mujeres y 7 hombres)	2 grupos: un grupo control y otro que realizó pre acondicionamiento isquémico (3x5 minutos cada pierna, 5 minutos de reperusión entre serie). Después de esto, los sujetos se sometieron a realizar 5x6 segundos de esprints máximos en cicloergómetro con 24 segundos de descanso entre sprint.	1 sesión (Efecto agudo)	Experimental: 220 mmHg. Control: 50 mmHg	No se registraron cambios en potencia absoluta y relativa, ni en potencia total o porcentaje de decremento de la velocidad durante el test.	Se cree que los efectos comenzarían a verse con desplazamientos más largos, lo cual no suele ocurrir en deportes de equipo. No se obtuvieron diferencias entre géneros.

Paul E. Luebbers (2014)	<i>The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes</i>	62 jugadores de fútbol americano	Se plantearon varios métodos de entrenamiento. Tradicional alta intensidad (T), Modificando la intensidad un poco menor al anterior (M), adición de reps al 20% (A), RFS (R). Se mezclaron estos métodos dando lugar a estos grupos: T/A/R, T/A, Y, M/A/R.	7 semanas, 4 entrenos/semana	Anchura: 7,6 cms bandas elásticas (7/10)	Mejoró en la fuerza en sentadilla (RM) por el grupo T/A/R. Las demás mejoras (hipertrofia, fuerza en press de banca) fueron similares entre grupos.	Puede ser que el entrenamiento de alta intensidad suponga ya una carga suficiente para el musculo y aplicar entrenamiento adicional no sea tan efectivo en estos casos.
Qinghui Meng (2022)	<i>Study on Strength and Quality Training of Youth Basketball Players</i>	20 jugadores de baloncesto	4 grupos experimentales y uno control. Los 3 experimentales realizaron técnicas diferentes: Andar o bici+RFS, fuerza baja intensidad+RFS y fuerza alta intensidad+RFS.	8 semanas, 35 minutos por entrenamiento y 3 por semana	(NO LOS ESPECIFICA)	RFS aumentó las ganancias de fuerza y cardiovasculares. Asimismo, también mejoró la potencia, la fuerza explosiva y de resistencia indicando que, a mayor presión, mayores son los efectos.	RFS puede mejorar la función cardiopulmonar, así como la fuerza máxima y fuerza de resistencia. Capacidades básicas para el rendimiento deportivo.
Reza Bagheri (2018)	<i>Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players</i>	18 jugadores de voleibol	Se formaron 2 grupos , uno con RFS y otro sin . Los ejercicios incluidos fueron sentadilla con mancuerna, extensión de piernas, curl de piernas y estocadas con mancuerna al 20% las primeras 4 semanas y 30% las siguientes . Primera sesión 3 series de 15 reps. Se incrementó 1 serie cada semana hasta llegar a 6x15.	8 semanas, 3 sesiones por semana	160 mmHg primera semana + 10mmgh cada sesión hasta 240 mmHg	Mayor incremento de la foliostatina en RFS, así como el F:M ratio. La MSTN decreció. No se encontraron diferencias en la composición corporal. Se encontraron mejoras significativas en la potencia anaeróbica.	La potencia anaeróbica fue superior en RFS. Aspecto diferencial en deportes de equipo.
Sadegh Amani-Shalamzari (2019)	<i>Blood Flow Restriction During Futsal Training Increases Muscle Activation and Strength</i>	12 jugadores de fútbol sala. 6=Experimental, 6=control	2 grupos, uno con RFS y otro sin. Los entrenamientos fueron situaciones reales de partido reducidas (3 VS 3). 4 periodos de 3 minutos con 2 minutos de descanso	10 sesiones	Anchura: 13 cms. 110% de la presión sistólica de la pierna. La presión aumentaba un 10% cada dos entrenamientos salvo el último día, donde se aplicó la inicial.	Mayor percepción de fatiga y FC de RFS. Aumento del torque pico en extensión y flexión y de la activación muscular con RFS. Sin diferencias en IGF-1 y MSTN	Reducción del tiempo en "futsal specific performance test". Aumenta los beneficios del entrenamiento al aumentar la intensidad de este.

Sadegh Amani-Shalamzari (2020)	<i>Occlusion Training During Specific Futsal Training Improves Aspects of Physiological and Physical Performance</i>	12 jugadores de fútbol sala	2 grupos, uno con RFS y otro sin. Los entrenamientos fueron situaciones reales de partido reducidas (3 VS 3). 4 periodos de 3 minutos con 2 minutos de descanso	10 sesiones	Anchura: 13 cms. 110% de la presión sistólica de la pierna. La presión aumentaba un 10% cada dos entrenamientos salvo el último día, donde se aplicó la inicial.	Se obtuvieron mejoras en el ratio testosterona: cortisol, en el estrés metabólico en RFS. Se demostró un aumento de la carga interna y mayores niveles de lactato en sangre.	Mejora de la eliminación del lactato sanguíneo. Factor clave en deportes de equipo
Saejong Park (2010)	<i>Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes</i>	12 jugadores de baloncesto	2 grupos: andar con oclusión VS andar sin oclusión. 5 series de 3 minutos andando (4 km/h con 5% inclinación). 1 minuto de descanso entre series. La velocidad aumentó hasta 6 km/h	2 semanas, 2 sesiones/día, 6 días/semana.	El primer día la presión fue de 160 mmHg y fue aumentando 10 mmHg cada día de entrenamiento hasta llegar a 220 mmHg.	RFS aumento VO2 máx. y VE máx. Andar sin RFS no mejoró. Se aumentó el volumen de eyección y decreció la frecuencia cardiaca. La capacidad anaeróbica aumentó , no mejoraron la fuerza.	Andar con restricción puede ser muy útil en la rehabilitación debido a las mejoras evidentes con respecto al grupo control.
Seyed Alireza Hosseini Kakhak (2022)	<i>Performing Soccer-Specific Training with Blood Flow Restriction Enhances Physical Capacities in Youth Soccer Players</i>	19 jugadores de fútbol	2 grupos: entrenamiento de fútbol tradicional y entrenamiento tradicional+RFS. 45-60 minutos de entrenamiento de fútbol compuesto por técnica, juegos reducidos, pliométricos y carrera continua.	6 semanas, 3 veces/semana	Anchura: 5 cms. Presión de 160 mmHg la primera semana aumentando 10 mmHg cada semana hasta llegar a 210 mmHg	RFS mejoró la fuerza y resistencia del tren inferior, tests de habilidad, aeróbicos y específicos de fútbol. Por otro lado, obtuvo valores similares en CMJ y sprint.	Utilizar RFS durante tramos del entrenamiento habitual también puede producir alteraciones, no sólo en el trabajo de gimnasio se producen estas respuestas.
Shingo Takada (2012)	<i>Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners</i>	12 atletas hombres (6 esprinters y 6 deportistas de resistencia)	Todos realizaron una flexión plantar de distintas formas. Estas fueron 4:2s sin RFS (20 % y 65% del RM durante 2 mins) y 2 con RFS (20% RM durante 2 minutos y 20% RM durante 3 mins). La velocidad fue 30 repeticiones/minuto.	Se realizó cada prueba en días diferentes y se realizó la medición. (Efecto agudo)	18,5 cms, 130% de la presión sistólica de reposo	El estrés metabólico durante el RFS fue mayor en los atletas de resistencia que en los esprinters. Durante los ejercicios sin RFS los esprinters mostraron un mayor estrés metabólico	El entrenamiento de resistencia con RFS puede ser más recomendable en deportistas de un perfil más aeróbico que en deportistas de un perfil más anaeróbico (deportes de equipo).

Wael Daab (2021)	<i>Brief cycles of lower-limb occlusion accelerate recovery kinetics in soccer players</i>	12 jugadores de fútbol	Grupo con oclusión vascular intermitente (3 ciclos de 5 minutos de oclusión separados por 5 minutos sin presión) y grupo placebo . Se realizaron tests específicos de esfuerzos en fútbol, saltos, fuerza y velocidad.	1 sesión (Efecto agudo)	Anchura: 21,5 cms. Grupo experimental: 50 mmHg de la presión sistólica. Grupo placebo: 20 mmHg	RFS intermitente durante el descanso produjo una disminución en el daño muscular y en la sensación de debilidad muscular, una menor disminución en el rendimiento.	RFS intermitente puede reducir el tiempo de recuperación en una simulación de esfuerzos de fútbol
Yudai Takarada (2002)	<i>Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes</i>	17 jugadores de rugby	Entrenamiento combinado con restricción VS entrenamiento normal . Fueron ejercicios de baja intensidad para ambos (extensión de rodilla). 4 series al 50% RM con 30 segundos de descanso y una velocidad de 2:2s. RFS hacía hasta el fallo y el grupo control igualaba las repeticiones que habían hecho los otros.	8 semanas, 2 veces/semana	La oclusión media del cinturón fue de 196 mmHg	RFS mejoró hipertrofia, fuerza muscular y resistencia muscular en relación al grupo control	En intensidades bajas 50% el trabajo con RFS es más beneficioso que hacer un trabajo similar sin RFS. En deportes de campo, muchas veces no contamos con material que proporcione una carga elevada por lo que este parece un buen método para mejorar estos parámetros con poco material.

Tabla 3. Resumen de los estudios revisados. Exp: experimental, Km/h: Kilómetros por hora, cms: centímetros, s: segundos, mins: minutos. Para otras abreviaturas ir a apartado "abreviaturas" (página 5)

5. Discusión

El entrenamiento con RFS ha ido ganando popularidad con el paso del tiempo debido a su posible capacidad de producir mejoras del rendimiento deportivo con cargas que normalmente serían inefectivas o insuficientes. La revisión actual, corrobora la existencia de estudios en los que se ha producido este efecto, pero también muestra investigaciones en las que este efecto no se demuestra.

El entrenamiento con RFS puede utilizarse de distintas maneras. Vamos a discutir los resultados de esta revisión agrupando los artículos siguiendo este enfoque. La discusión está organizada en 4 apartados (correspondiéndose con las 4 aplicaciones principales de la RFS en deportes de equipo). De esta manera, con un interés didáctico, se expondrá la discusión de los principales hallazgos en las distintas formas de uso:

- Efectos del entrenamiento de fuerza
- Efectos del entrenamiento cardiovascular
- Efectos durante acciones deportivas específicas
- Efectos en la rehabilitación de lesiones

5.1. Entrenamiento de fuerza

La forma más habitual de uso de la RFS durante el entrenamiento ha sido durante el entrenamiento de fuerza (48% de los artículos seleccionados). La mayoría de los estudios seleccionados han propuesto que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad (20% - 40% 1RM) con RFS podría causar mayores efectos sobre la fuerza y masa muscular que el entrenamiento de fuerza tradicional con la misma carga externa o incluso con una carga superior. También se ha empleado el entrenamiento de alta intensidad (70% 1RM) con

RFS para comprobar si se producía un efecto mayor al del entrenamiento de baja intensidad y RFS.

En esta área se han realizado principalmente tres tipos de comparaciones: 1) Cargas bajas + RFS *vs* cargas bajas; 2) Cargas bajas + RFS *vs* cargas altas; 3) Cargas altas + RFS *vs* cargas altas. A continuación, se resumen sus principales hallazgos.

Por un lado, el efecto del entrenamiento con RFS y cargas bajas en comparación con el entrenamiento a una misma intensidad sin restricción del flujo se ha estudiado en varios de los estudios seleccionados (11,13,25–27,29,30,45). Estos estudios han encontrado efectos superiores del entrenamiento con RFS en aspectos como la fuerza muscular (11,26,27,30), hipertrofia (11,26), fuerza de resistencia (11,26), respuesta hormonal (29) y potencia anaeróbica (29).

Sin embargo, también se han publicado artículos en los que no se demostró eficacia del método. Scott, B, Peiffer, J & Goods (2017) trataron de analizar el efecto de añadir entrenamiento con baja intensidad con y sin RFS de forma suplementaria al entrenamiento tradicional. Los resultados no encontraron beneficios ni en el desarrollo muscular ni en aspectos más específicos como saltos, velocidad o aceleración. De manera similar, Luebbers, P, Fry, A, Kriley, L & Butler (2014), realizaron el mismo tipo de estudio encontrando mejoras en fuerza durante la sentadilla. Pese a esta mejora, otros aspectos medidos también en el estudio como la fuerza en press de banca o la hipertrofia no obtuvieron mejoras significativas en comparación con el grupo que solo realizaba entrenamiento tradicional. Estos dos estudios tienen en común que ambos emplean el entrenamiento con RFS de manera suplementaria al entrenamiento central de fuerza. Estos resultados parecen sugerir que, ante un entrenamiento de carga elevada, añadir entrenamiento de baja intensidad con RFS parece no producir mejoras adicionales en el

rendimiento. Una posible explicación para estos resultados sería que cuando se ha llegado al límite superior del umbral de intensidad, el entrenamiento RFS ya no produce mejoras.

Por otro lado, también se ha hipotetizado que el entrenamiento “Kaatsu” podría causar una elevada fatiga y daño muscular debido al estado de hipoxia inducido y al aumento de la carga interna. Ciertos estudios han analizado el efecto de cargas bajas con RFS en este aspecto, llegando a conclusiones controvertidas. Golubev et al. (2021), observaron que el entrenamiento de baja intensidad con RFS causaba un daño muscular mayor que el entrenamiento sin RFS. Por otro lado, Manimmanakorn et al. (2013), sugirieron un daño muscular similar entre métodos. Por último, Husmann et al. (2018), encontraron en su estudio un incremento de la fatiga con el método “Kaatsu” inmediatamente posterior al ejercicio. Esta fatiga disminuyó considerablemente con 2 minutos de reperfusión durante el descanso. Esto sugiere un fuerte impacto del método, pero de corta duración del entrenamiento en el funcionamiento neuromuscular.

Otro estudio a remarcar fue la mejora del rendimiento tras el entrenamiento con cargas bajas y RFS en comparación al entrenamiento de la misma intensidad pero sin RFS en un test específico de netball (26). La explicación de este fenómeno no está clara por el momento.

Con estos resultados, se puede comenzar a apreciar cierto beneficio del entrenamiento de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo en comparación con el entrenamiento tradicional de baja intensidad. Pese a ello, el debate aumenta si comparamos el entrenamiento con RFS y el entrenamiento tradicional de alta intensidad.

En relación a la comparación entre cargas bajas + RFS vs cargas altas, algunos artículos subrayan un efecto similar en la fuerza (43), hipertrofia (43) y en el daño muscular (43). Sin embargo, la mayoría de la literatura indica que el entrenamiento tradicional, por el

momento, es más efectivo. De hecho, Hughes et al. (2017), indicaron que el 69% de los individuos obtendrían un mayor beneficio del entrenamiento tradicional de alta intensidad ante el entrenamiento de baja intensidad con RFS. En la presente revisión se encontraron mayores beneficios del entrenamiento tradicional de alta intensidad con respecto al entrenamiento de baja intensidad con RFS tanto en una reducción de la fatiga mental (34), fuerza (31) o incluso saltos (31).

En tercer lugar, los estudios que comparan cargas altas + RFS vs cargas altas son limitados (31,32,46). Por un lado, Wang et al. (2022) compararon el entrenamiento al 70% del RM con y sin RFS. En este caso se apreció una ligera mejora del grupo RFS, aunque no significativa. Por el otro lado, Cook et al. (2014) aplicaron la misma intensidad en su estudio obteniendo mayores beneficios por parte del grupo RFS en fuerza, potencia y velocidad. De forma interesante, en este estudio también se corrobora el efecto de transferencia cruzada, el cual indica que la aplicación de RFS en una extremidad, es capaz de producir mejoras en la otra extremidad, aunque de menor magnitud. Por último, Meng (2022), comparó distintas intensidades del entrenamiento de fuerza con RFS con un grupo control. En general, todos los grupos que se ejercitaron con “Kaatsu” obtuvieron mejoras en fuerza, fuerza explosiva, fuerza de resistencia y capacidad cardiovascular, añadiendo que, a mayor presión aplicada por el manguito, mayor es el efecto.

5.2. Entrenamiento cardiovascular o de resistencia

En segundo lugar y en menor medida estudiada dentro de la literatura, otra temática ha sido el empleo de una metodología de entrenamiento cardiovascular aplicando RFS. Los protocolos fueron variados entre los estudios. Podrían dividirse en artículos que aplicaron la restricción sanguínea antes, a modo de calentamiento (18,35,37,41), durante el

entrenamiento (12,33,34,36) o durante el descanso, a modo de técnica potencialmente recuperadora (19,20,42).

Para conseguir un buen rendimiento en competición se ha estipulado que un buen calentamiento es clave para lograr una óptima activación del organismo previa a competición. Sin embargo, se sigue investigando cuál podría ser el mejor método para conseguirlo. En los artículos incluidos en la revisión actual se ha propuesto realizar un calentamiento tradicional añadiendo RFS (Fortin & Billaut, 2019) y, Adicionalmente, también se ha tratado la carrera de baja intensidad con RFS como calentamiento (35). La RFS sin ejercicio adicional a modo de calentamiento también ha sido evaluada realizando tres oclusiones de cinco minutos con cinco minutos de reperfusión sanguínea entre series (18,41). Ninguno de ellos obtuvo mejoras visibles en el rendimiento. Aun así, ciertas mejoras en resultados intermedios como niveles hormonales e internos fueron descritas por dos artículos (35,37).

Realizar entrenamiento dinámico como puede ser la carrera o los saltos están limitados con este entrenamiento debido a la incomodidad característica de la técnica. Aun así, se han realizado algunos estudios acerca de este tipo de entrenamientos (12,33,34,36). Da Silva et al. (2019), fueron los únicos que estudiaron el efecto agudo del entrenamiento aeróbico en la fatiga mental. Tras el estudio, se observó que el entrenamiento aeróbico de baja intensidad con RFS causaba la misma fatiga mental que el entrenamiento interválico de alta intensidad sin RFS en un cuestionario de estado de ánimo.

Los restantes estudios se centran más en los efectos a medio plazo tras 2 ó 4 semanas. Las metodologías difieren entre caminatas (33), entrenamiento de media distancia (12) y entrenamiento interválico de sprints repetidos (36). El entrenamiento dio lugar a

aumentos en el VO₂ máx. (12,33), capacidad aeróbica (36) y el tiempo hasta la fatiga (12). La capacidad anaeróbica no se vio influenciada salvo en uno de los artículos (33).

Estos datos no son muy favorables para la mejora del rendimiento en deportes de equipo. En estos deportes, la capacidad anaeróbica es diferencial y de gran importancia en el rendimiento. Se cree que, las mejoras en la capacidad anaeróbica podrían darse en carreras de más larga distancia y duración (18,41), las cuales no acostumbran a verse en los deportes de equipo durante competición. Por este motivo, las mejoras causadas por el entrenamiento RFS en la capacidad anaeróbica no supondrían una mejora del rendimiento. Pese a todo esto, todavía se cuenta con muy pocos estudios al respecto por lo que no podemos llegar a una conclusión sólida sobre el efecto del entrenamiento con RFS en las capacidades anaeróbicas.

Otro aspecto estudiado y que se recoge en la revisión es el efecto de la RFS en el proceso de recuperación (19,20,42). La mejora en este aspecto se considera de gran importancia actualmente debido a la elevada carga de competición. A nivel agudo, la aplicación de RFS durante la recuperación podría ser interesante en deportes que permitan descansar de forma pasiva fuera del campo como pueden ser baloncesto o fútbol sala. En estos casos, es posible aplicar un manguito con RFS durante los tramos en los que no se está en el campo.

Este efecto se estudió entre esfuerzos y a nivel agudo en tres de los artículos seleccionados (19,20,42). Dos de ellos realizaron el descanso entre sprints en pruebas de sprints repetidos (20,42). Solamente el estudio de Ienaga et al. (2022) consiguió encontrar mejoras del descanso con RFS en los niveles de saturación de oxígeno. Las demás variables medidas no presentaron efectos diferenciales. Por otro lado, Daab et al. (2021) sí encontraron efectos beneficiosos de utilizar una recuperación intermitente con RFS en

aspectos como el daño muscular y el rendimiento en tests específicos de fútbol. A pesar de esto, no existe evidencia suficiente para garantizar la efectividad o ineffectividad del método.

5.3. RFS durante acciones deportivas específicas

En tercer lugar, se utilizó una metodología que buscaba aplicar la RFS durante un entrenamiento habitual del equipo (38–40). Estos estudios utilizaron el empleo de RFS durante juegos reducidos simulando situaciones de competición (38,39) y durante un entrenamiento de fútbol tradicional (40). En estos estudios se observó un aumento de la carga interna y de la fatiga en el grupo con RFS (38,39) así como mejoras en la fuerza, resistencia, tests de habilidad y tests aeróbicos y específicos de fútbol (40). Este tipo de uso de la RFS sería el más susceptible de introducir en cualquier microciclo ya que no implicaría un cambio en la programación general de entrenamiento. Sin embargo, hace falta más evidencia acerca de si es viable a largo plazo ya que compromete la velocidad a la que se realizan los ejercicios.

5.4. Rehabilitación de lesiones

En cuarto y último lugar, se estudió el entrenamiento isquémico durante los procesos de rehabilitación de lesiones. Con la creciente demanda física que la competición exige resulta muy inusual que, dentro de un equipo, ningún deportista sufra una lesión que lo mantenga fuera de la dinámica del equipo durante un tiempo. Estos deportistas no pueden realizar actividad física al mismo nivel que sus compañeros y, por tanto, sufren pérdidas en fuerza, resistencia cardiopulmonar o en la composición corporal que el grupo sano no sufre.

Son muchos los autores que se han posicionado a favor del entrenamiento con RFS en el proceso de recuperación debido a la posibilidad de aumentar la carga interna de un ejercicio con cargas relativamente bajas para el atleta (14,32,33,35). Aunque por el momento parece que el entrenamiento con cargas altas produce mayores adaptaciones, el entrenamiento con cargas bajas y RFS podría servir de utilidad en aquellos atletas en los que utilizar cargas altas esté contraindicado (14,47). Takarada et al. (2000), establecieron que la oclusión vascular por sí misma, sin ejercicio, era capaz de causar una menor reducción de la masa muscular en la pierna en la que se aplicaba esa restricción. Adicionalmente, se unen a esto los efectos ya mencionados de este tipo de entrenamiento sobre la fuerza, resistencia y demás capacidades. Teniendo todo esto en cuenta, Loenneke et al. (2012), establecieron una progresión general para la rehabilitación de lesiones utilizando la RFS (Figura 2).

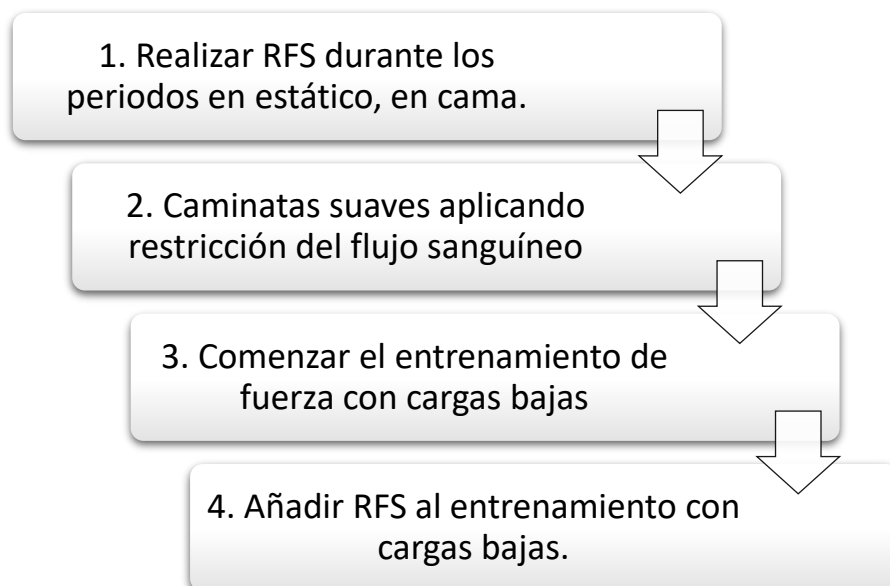


Figura 2. Progresión en el proceso de rehabilitación propuesta por Loenneke et al. (2012)

Por lo tanto, individualizar el proceso de recuperación aplicando una progresión en las cargas como la mencionada en la figura 2, parece ser la opción más efectiva de cara a la recuperación progresiva del deportista.

A modo de síntesis de toda la discusión, se puede observar que el entrenamiento con RFS es capaz de presentar mejoras en la fuerza, resistencia, potencia e incluso en tests específicos de cada deporte. Estas mejoras pueden utilizarse para optimizar el rendimiento de los deportistas de equipo de cara a la competición. También resulta interesante su utilidad en la rehabilitación de deportistas lesionados que no pueden tolerar ciertas cargas de trabajo. En contraposición, las mejoras tanto a nivel anaeróbico, como a modo de calentamiento o como estrategia de recuperación entre esfuerzos no están tan claras.

Un aspecto a tener muy en cuenta en el campo de investigación de la restricción del flujo sanguíneo en deportes de equipo es que cuenta con grandes limitaciones que dificultan extraer conclusiones sólidas. La principal de ellas es la inexistencia de estudios longitudinales que estudien la aplicación del entrenamiento isquémico a largo plazo. El estudio más duradero presentado en esta revisión cuenta únicamente con 8 semanas de entrenamiento. La necesidad de ampliar la duración de los estudios podría dar importante información tanto a nivel ergogénico como clínico que recomiende o desaconseje el método.

Unido a esto, existe una gran problemática en conseguir una muestra amplia de deportistas de élite en estudios de intervención que pueda aumentar la potencia estadística de los estudios. En la actualidad, pocos equipos de élite se arriesgan a estudiar el efecto de un entrenamiento que pueda comprometer su rendimiento durante la competición. Por

este motivo, la muestra más habitual es deportistas de élite de ligas con un menor nivel de ingresos y durante la pretemporada.

Por último, una limitación que rodea a los estudios con restricción del flujo sanguíneo es la imposibilidad de cegar a los participantes. Esta dificultad reside en que el grupo experimental debe llevar un manguito de compresión mientras que el grupo control normalmente realiza entrenamiento tradicional. Lo que han intentado algunos estudios es aplicar al grupo control una presión mínima con el manguito que no pueda afectar al rendimiento tradicional pero que pueda ejercer un cierto efecto placebo en los deportistas del grupo control. Aun así, la poca presión empleada puede provocar que en la mayoría de casos no funcione como un buen método de cegado.

6. Fortalezas y debilidades

Las fortalezas del estudio residen en la novedad del método. Es un método aún desconocido para el mundo en general y para muchos profesionales que se dedican a la actividad física. Es necesario seguir investigando y conociendo el método para seguir progresando y ampliando horizontes en el campo de la preparación física.

Asimismo, la revisión cuenta con estudios en 7 deportes de equipo distintos lo cual nos aporta una visión global acerca de cómo se está estudiando el entrenamiento con RFS en los deportes de equipo pudiendo sacarse conclusiones generales acerca de este tipo de deportes.

Por último, merece la pena resaltar la “originalidad” del estudio en el marco de la Carrera de Ciencias de la Actividad Física de la Universidad de Zaragoza. Grado en el cual no se trata en profundidad la optimización del rendimiento en deportes de equipo y la utilidad de métodos novedosos como es el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo.

En contraposición y como limitaciones, es necesario destacar que la fiabilidad de los artículos estudiados no es plena.

Los protocolos utilizados difieren mucho entre sí. Resulta muy complicado conseguir una estandarización de los métodos ya que existen muchas variables importantes que pueden afectar a los resultados. Algunos ejemplos de estas variables son la anchura del manguito, el material, la presión aplicada, el entrenamiento y los tests empleados o la extremidad en la que se aplica el entrenamiento.

Otro condicionante que existió en el estudio fue la dificultad de la búsqueda. Antes de comenzar la búsqueda se comprobó que había un término MeSH “blood Flow restriction

therapy” el cual podría servir para la búsqueda. Sin embargo, este término lleva activo desde 2022, lo cual reduce mucho los resultados encontrados con este término. Asimismo, el término Mesh “Team-sports” es también novedoso (2021) lo que tampoco engloba todos los resultados en deportes de equipo. A raíz de esto fue necesario añadir nuevas palabras a la búsqueda con el operador booleano “OR” obteniendo así un número mucho más elevado de estudios.

En última estancia es necesario añadir que la presente revisión no tiene en cuenta otros aspectos que podrían tener cierta influencia en los resultados como podría ser procedencia de los sujetos, experiencia deportiva, edades, contexto social, etc.

De este modo, debemos tratar las recomendaciones y resultados de los estudios con cierta cautela y visión crítica centrándose en individualizar el método al contexto propio de cada uno.

7. Conclusiones

Tras la revisión de la literatura existente, el presente estudio afirma que el entrenamiento con RFS es capaz de estimular el cuerpo consiguiendo mayores adaptaciones que las que se conseguirían sin aplicar esta restricción, ante una misma carga externa. Estas mejoras no solo se dan a nivel muscular, sino que también se dan a nivel cardiovascular, hormonal y neural.

Sin embargo, parece que el entrenamiento de alta intensidad resulta algo más efectivo por ahora en la mayoría de los aspectos. Debido a esto, la presente revisión sugiere poner atención en individualizar y analizar cada contexto individualmente para valorar si sería recomendable o no, el uso del método.

Estas adaptaciones podrían mejorar el rendimiento en los deportes de equipo tanto mejorando algún factor de rendimiento específico del deporte, como la capacidad de recuperación entre esfuerzos, las capacidades físicas básicas, la recuperación entre sesiones y la rehabilitación de deportistas lesionados.

8. Perspectivas de futuro

- Futuros estudios deberían estandarizar una metodología de aplicación conjunta y óptima que facilite la comparación entre los distintos estudios sobre el tema.
- Asimismo, sería recomendable y de interés prolongar el tiempo de los estudios si se quiere conseguir una visión más amplia y a largo plazo de la utilidad y seguridad del método.
- Se ha demostrado que el lugar de procedencia, el historial deportivo, el contexto social, la edad biológica y otros aspectos tienen una clara influencia en el rendimiento y, también, en la magnitud de la respuesta a los métodos de entrenamiento. Sería interesante estudiar cómo afecta este tipo de entrenamiento en distintos contextos y perfiles deportivos tratando de averiguar con qué características individuales es más efectivo este método.
- Por último y para que estos hallazgos puedan extrapolarse a mujeres, se debe aumentar la investigación en el género femenino. Actualmente, escasos son los artículos que tienen en cuenta a esta población en comparación con el género masculino teniendo en cuenta que representa el 50% de la población mundial.

Bibliografía

1. Taylor JB, Wright AA, Dischiavi SL, Townsend MA, Marmon AR. Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sport Med.* 2017;47(12):2533–51.
2. Spencer M, Lawrence S, Rechichi C, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J Sports Sci.* 2004;22(9):843–50.
3. Vanrenterghem J, Nedergaard NJ, Robinson MA, Drust B. Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sport Med.* 2017;47(11):2135–42.
4. Sato Y. The History and Future of KAATSU. *J Build Phys.* 2005;18(1):3–20.
5. Pignanelli C, Christiansen D, Burr JF. Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *J Appl Physiol.* 2021;130(4):1163–70.
6. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sport.* 2011;21(4):510–8.
7. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009;37(2):78–85.
8. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000;88(1):61–5.
9. Reeves G V., Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol.* 2006;101(6):1616–22.

10. Grønfeldt BM, Lindberg Nielsen J, Mieritz RM, Lund H, Aagaard P. Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sport*. 2020;30(5):837–48.
11. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86(4):308–14.
12. Amani AR, Sadeghi H, Afsharnezhad T. Interval training with blood flow restriction on aerobic performance among young soccer players at transition phase. *Montenegrin J Sport Sci Med*. 2018;7(2):5–10.
13. Scott, B, Peiffer, J & Goods P. The Effects of Supplementary Low-Load Blood Flow Restriction Training on Morphological and Performance-Based Adaptations in Team Sport Athletes. *J Strength Cond Res*. 2017;31(8):2147–54.
14. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(13):1003–11.
15. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334–59.
16. John S, Syed P, Hussain R. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. 2015;187–200.
17. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K ichi, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(1):65–73.
18. Gibson N, White J, Neish M, Murray A. Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform*.

- 2013;8(6):671–6.
19. Daab W, Bouzid MA, Lajri M, Bouchiba M, Rebai H. Brief cycles of lower-limb occlusion accelerate recovery kinetics in soccer players. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2021;49(2):143–50. Available from: <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1785260>
 20. Williams N, Russell M, Cook CJ, Kilduff LP. The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2018;21(10):1095–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.02.012>
 21. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. *Front Physiol.* 2019;10(MAY):1–15.
 22. Thiebaud RS, Abe T, Loenneke JP, Garcia T, Shirazi Y, McArthur R. Acute muscular responses to practical low-load blood flow restriction exercise versus traditional low-load blood flow restriction and high-/low-load exercise. *J Sport Rehabil.* 2020;29(7):984–92.
 23. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Sherk VD, Thiebaud RS, Abe T, et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(8):2903–12.
 24. Wilk M, Krzysztofik M, Filip A, Zajac A, Bogdanis GC, Lockie RG. Short-Term Blood Flow Restriction Increases Power Output and Bar Velocity during the Bench Press. *J Strength Cond Res.* 2022;36(8):2082–8.
 25. Manimmanakorn A, Manimmanakorn N, Taylor R, Draper N, Billaut F, Shearman JP, et al. Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes. *Eur J Appl Physiol.*

- 2013;113(7):1767–74.
26. Manimmanakorn A, Hamlin MJ, Ross JJ, Taylor R, Manimmanakorn N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2013;16(4):337–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.009>
 27. Golubev A, Samsonova A, Tsipin L. Effect of KAATSU training on the maximum voluntary isometric contraction of lower extremity muscles of qualified football players. *J Phys Educ Sport*. 2021;21(3):1995–2000.
 28. Korkmaz E, Dönmez G, Uzuner K, Babayeva N, Torgutalp ŞŞ, Özçakar L. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Architecture. *J Strength Cond Res*. 2022;36(5):1396–403.
 29. Bagheri R, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players. *Med Lab J*. 2018;12(6):28–33.
 30. Luebbers, P. E., Fry, A. C., Kriley, L. M., & Butler MS. The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;(34):2270–80.
 31. Wang J, Fu H, QiangZhang, Zhang M, Fan Y. Effect of Leg Half-Squat Training With Blood Flow Restriction Under Different External Loads on Strength and Vertical Jumping Performance in Well-Trained Volleyball Players. *Dose-Response*. 2022;20(3):1–9.
 32. Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *Int J Sports Physiol Perform*.

- 2014;9(1):166–72.
33. Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(4):591–600.
 34. da Silva JCG, Silva KF, Domingos-Gomes JR, Batista GR, da Silva Freitas ED, Torres VBC, et al. Aerobic exercise with blood flow restriction affects mood state in a similar fashion to high intensity interval exercise. *Physiol Behav* [Internet]. 2019;211(September):112677. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112677>
 35. Chen YT, Hsieh YY, Ho JY, Lin JC. Effects of Running Exercise Combined With Blood Flow Restriction on Strength and Sprint Performance. *J strength Cond Res*. 2021;35(11):3090–6.
 36. Elgammal M, Hassan I, Eltanahi N, Ibrahim H. The effects of repeated sprint training with blood flow restriction on strength, anaerobic and aerobic performance in basketball. *Int J Hum Mov Sport Sci*. 2020;8(6):462–8.
 37. Fortin JF, Billaut F. Blood-flow restricted warm-up alters muscle hemodynamics and oxygenation during repeated sprints in american football players. *Sports*. 2019;7(5).
 38. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. *Front Physiol*. 2019;10(MAY):1–8.
 39. Amani-Shalamzari S, Sarikhani A, Paton C, Rajabi H, Bayati M, Nikolaidis PT, et al. Occlusion training during specific futsal training improves aspects of physiological and physical performance. *J Sport Sci Med*. 2020;19(2):374–82.
 40. Hosseini Kakhak SA, Kianigul M, Haghighi AH, Nooghabi MJ, Scott BR.

- Performing Soccer-Specific Training With Blood Flow Restriction Enhances Physical Capacities in Youth Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2022;36(7):1972–7.
41. Gibson N, Mahony B, Tracey C, Fawkner S, Murray A. Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. *J Sports Sci.* 2015;33(11):1182–8.
 42. Ienaga K, Yamaguchi K, Ota N, Goto K. Augmented muscle deoxygenation during repeated sprint exercise with post-exercise blood flow restriction. *Physiol Rep.* 2022;10(10):1–11.
 43. Khajehlandi M, Janbozorgi M. Effect of One Session of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Serum Levels of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase in Female Athletes. *J Clin Basic Res.* 2018;2(2):5–10.
 44. Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Morita N, Horiuchi M, et al. Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):413–9.
 45. Husmann F, Mittlmeier T, Bruhn S, Zschorlich V, Behrens M. Impact of Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue Development and Recovery. Vol. 50, *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2018. 436–446 p.
 46. Meng Q. Study on Strength and Quality Training of Youth Basketball Players. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022.
 47. Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(1):62–8.
 48. Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy. *Med Sci Sports Exerc [Internet].* 2000;32(12):2035–9. Available

from: [https://journals.lww.com/acsm-
msse/Fulltext/2000/12000/Applications_of_vascular_occlusion_diminish_disuse.
11.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2000/12000/Applications_of_vascular_occlusion_diminish_disuse.11.aspx)

49. Loenneke, Jeremy P., Abe, T., Wilson, J., Thiebaud, R., Fahs, C., Rossow, L., Bemben M. Blood flow restriction: an evidence based progressive model (review). *Acta Physiol Hung.* 2012;99:235–50.