

# Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of  
Sports Rehabilitation and Posturology

## Blood Flow Restriction - Resistance Exercise (BFR - RE) nella riabilitazione e nelle patologie degenerative articolari.

Valentina Colombo<sup>1</sup>, Rosario D'Onofrio<sup>2</sup>, Bojan Bjelica<sup>3</sup>, Nikola Aksović<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science and Engineering, Department of Sports and Exercise Sciences - Manchester Metropolitan University - England, UK

<sup>2</sup>Facoltà di Medicina e Chirurgia, Sapienza Università di Roma - Italia

<sup>3</sup>Faculty of Physical Education and Sport, University of East Sarajevo - Bosnia and Herzegovina

<sup>4</sup>Faculty of Sport and Physical Education, University of Niš - Serbia

### ABSTRACT

**Background.** Le patologie degenerative articolari determinano quadri clinici irreversibili. Vi sono diverse strategie terapeutiche che hanno come obiettivo primario ridurre il dolore e migliorare la funzione muscolare e articolare. **Obiettivo.** Lo scopo di questa revisione è quello di: 1) identificare eventuali linee guida di applicabilità pratica del Blood Flow Restriction – Resistance Exercise nelle varie patologie muscolo scheletriche, 2) valutare l'efficacia del BFR – RE nelle patologie degenerative articolari (OA) del ginocchio. **Metodi.** Gli autori hanno effettuato una scansione della letteratura utilizzando Clinical Queries, preferendo una “BROAD STRATEGY” e utilizzando anche MeSH Terms combinati a operatori Booleani “AND” e “OR” e “textwords” indipendenti nella banca dati biomedica PubMed. **Risultati.** Sono stati inclusi e visionati 55 studi relativi al Blood Flow Restriction (Kaatsu) Training. Non abbiamo individuato una personalizzazione del BFR – RE nelle varie patologie muscolo scheletriche.

Applicando dei polsini elastici o gonfiabili nella parte prossimale dell'arto, è evidenziato, in letteratura, come l'allenamento con BFR a basso carico (LL – BFR) (20-30% di una ripetizione massima, 1RM) promuove l'ipertrofia muscolare e aumenta la forza tanto quanto un allenamento ad alto carico (HL) con il 70–85% 1RM. Il beneficio del BFR – RE è una riduzione dello stress meccanico sulle articolazioni. A tale scopo potrebbe trovare la sua applicabilità, in pazienti con patologie degenerative articolari e nei processi riabilitativi. In contrapposizione, il livello di compressione richiesta del polsino non è esaustivamente descritto. Il flusso venoso verso un arto è correlato a un range di caratteristiche cliniche/funzionali individuali che potrebbero incrementare i fattori di rischio di complicanze e gli effetti collaterali in persone anziane. **Conclusioni.** Questa analisi della letteratura indica che il BFR – RE potrebbe essere un'alternativa utilizzabile nei processi riabilitativi e nelle patologie degenerative articolari OA, in particolare del ginocchio. Ci sembra, però, giusto sottolineare come i meccanismi fisiologici che portano a tali effetti non sono ancora ben chiari così come gli effetti e le complicanze relative alla sua applicabilità. Non abbiamo riscontrato protocolli personalizzati in relazione alle diverse patologie (Personalized Blood Flow Restriction Rehabilitation - PBFR).

**Key words.** *Blood Flow Restriction, Kaatsu Training, Osteoarthritis, Knee Osteoarthritis, Elderly, Older*



**Citation :** *Valentina Colombo, Rosario D'Onofrio, Bojan Bjelica, Nikola Aksović - Blood Flow Restriction - Resistance Exercise (BFR - RE) nella riabilitazione e nelle patologie degenerative articolari - Ita. J. Sports Reh. Po. 2023; 10 (22); 1; 3; 2278 – 2291 ; ISSN 2385-1988 [online] ; IBSN 007- 11119-55; CGI J OAJI 0.201). Published Online. Open Access (OA) publishing. Authorship credit : “Criteria authorship scientific article” has been used “Equal Contribution” (EC).*  
**Corrispondenza:** *Valentina Colombo: email: valentina.colombo84@gmail.com*

## INTRODUZIONE

L'osteoartrite (OA) è la causa più comune di disabilità e colpisce circa il 30-50% della popolazione<sup>41</sup>. Entro il 2050, 130 milioni di persone soffriranno di OA, costituendo un onere sociale significativo<sup>44</sup>. L'OA è una patologia articolare progressiva, degenerativa<sup>43,45,46</sup> e deriva dal processo di invecchiamento, ma anche da cambiamenti biochimici o stress biomeccanici che interessano la cartilagine articolare<sup>45</sup>. Tuttavia, vi sono diversi fattori di rischio, oltre all'età, che predispongono un individuo all'OA come: genetica, obesità, lesioni articolari, attività professionale o ricreativa, genere o razza<sup>43</sup>. Tra le più importanti implicazioni cliniche dell'OA negli anziani vi è il concorso al declino della funzione fisica<sup>42,43</sup>. Il dolore è il sintomo dominante dell'OA; questo è associato spesso a gonfiore, rigidità e restrizione di mobilità articolare con asimmetrie di forza side to side<sup>42,45</sup>. La “debolezza” dei muscoli scheletrici, in particolare dei muscoli quadricipiti, contribuisce alla anomalia funzionale correlata all'OA del ginocchio. Modelli di allenamento volti ad aumentare la forza dei muscoli scheletrici comportano comunemente un allenamento di medio/alto carico o ad alta intensità con un over stress sulle componenti articolari. Queste forze, compressive femoro-tibiali e patello-femorali<sup>48,49</sup>, possono incrementare i sintomi di OA. La letteratura, da noi analizzata,<sup>37,39,41,46,49</sup> rimarca come soggetti anziani con OA del ginocchio hanno beneficiato del Blood Flow Restriction Training – Resistance Exercise (BFR – RE).

Il Blood Flow Restriction (BFR), ovvero la restrizione del flusso sanguigno, è un metodo di allenamento che limita parzialmente l'afflusso arterioso e completamente il deflusso venoso nella muscolatura durante l'esercizio<sup>1</sup>. Il BFR, noto anche come “Kaatsu Training,” o Vascular Occlusion Training, utilizza un polsino o una Band pneumatica<sup>2,3</sup>. Il BFR viene applicato: a) durante l'esercizio contro resistenze

volontario (BFR – RE); b) durante l'esercizio aerobico (BFR – AE); c) passivamente senza esecuzione dell'esercizio (P – BFR); d) con l'elettrostimolazione (BFR – ES)<sup>54,55</sup>.

Lo scopo di questo articolo è di: 1) identificare eventuali linee guida di applicabilità pratica del BFR – RE nelle varie patologie muscolo scheletriche; 2) valutare l'efficacia del BFR – RE nelle patologie degenerative articolari (OA) del ginocchio.

Gli aspetti fisiologici vengono lasciati a un'altra nostra trattazione.

## METODI

È stata effettuata una scansione della letteratura, utilizzando Clinical Queries preferendo una “BROAD STRATEGY” e utilizzando anche MeSH Terms combinati a operatori Booleani “AND” e “OR” e “textwords” indipendenti nella banca dati biomedica PubMed. I criteri di inclusione adottati per questo lavoro erano finalizzati a ricercare: 1) studi atti a identificare eventuali linee guida di applicabilità; 2) studi atti ad identificare l'efficacia del BFR – RE nelle patologie degenerative articolari (OA) del ginocchio. Tutti gli articoli conformi ai criteri di inclusione sono stati valutati per la loro rilevanza e il loro interesse in relazione agli obiettivi. Eventuali riferimenti incrociati degli articoli selezionati sono stati vagliati per verificare la loro possibile rilevanza, tutte le doppie citazioni sono state rimosse. Sono stati inclusi disegni di studio primari sia sperimentali sia descrittivi che avessero come Outcome Clinico sia OA sia l'applicabilità pratica del BFR.

## RISULTATI

Le evidenze disponibili suggeriscono che il BFR può trovare una sua applicabilità nei processi riabilitativi negli adulti di età superiore ai 50 anni<sup>6</sup>.

Tuttavia, la maggior parte degli studi in questa revisione sistematica presentava un rischio da moderato a elevato di parzialità; ciò premesso, i risultati di questa revisione sistematica dovrebbero essere confermati, idealmente, utilizzando campioni di dimensioni maggiori, randomizzazione dei partecipanti e durate di follow-up più estese.

Applicando dei polsini elastici o gonfiabili nella parte prossimale dell'arto inferiore, è evidenziato, negli articoli da noi censiti, che l'allenamento a basso carico BFR (LL – BFR) (20-30% di una ripetizione massima, 1RM) promuove l'ipertrofia muscolare con aumenti di forza comparabili con programmi di allenamento ad alto carico (HL) al 70–85% 1RM. Il vantaggio dei carichi bassi è quindi la riduzione dello stress meccanico sulle articolazioni.

Dobbiamo evidenziare in questa review come la pressione di occlusione venosa è correlata a una gamma di caratteristiche individuali (pressione sanguigna), dell'arto (dimensioni) e del polsino (materiale, forma, dimensioni)<sup>7</sup>. A tal scopo, Patterson SD<sup>49</sup> in un lavoro recente del 2019, proponeva delle linee guida applicative del BFR. (Tabella 1).

### Controindicazioni ed effetti collaterali

L'esercizio con BFR può essere prescritto come metodo di esercizio alternativo per le popolazioni controindicate alle modalità tradizionali. Nel complesso, gli effetti collaterali<sup>52</sup> riportati includono risposte di tipo percettivo (svenimento, intorpidimento, dolore e disagio), indolenzimento muscolare e DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness)<sup>39</sup> (Tabella 2).

Blood Flow Restriction – BFR – RE	
Linee guida sulla metodologia applicativa	
Frequenza	2 - 3 volte alla settimana (>3 settimane) o 1–2 volte al giorno (1 - 3 settimane)
Carico %	20-40% di 1RM
Tempo di restrizione/compressione	5 - 10 min. per esercizio (riperfusione tra gli esercizi)
Tipo	Piccoli e grandi gruppi muscolari (braccia e gambe / uni o bilaterali)
Polsino	5 cm piccolo, 10 o 12 cm medio, 17 o 18 cm grande
Serie	2 - 4
Ripetizioni	(75 rip.) - 30 × 15 × 15 × 15, o serie a cedimento - 40–80% della Pressione Occlusione Arteriosa (AOP)
Recupero tra le serie	30 - 60 sec.
Tipo di restrizione/compressione	Continua o intermittente
Velocità esecutiva	1 - 2 sec. (concentrico - eccentrico)
Esecuzione	Fino a esaurimento concentrico o al completamento dello schema di ripetizione pianificato

Tabella 1. Linee guida relative all'applicabilità del Blood Flow Restriction – BFR – RE<sup>49</sup>.

Controindicazioni all'uso del BFR	
1	Malattia cardiovascolare
2	Malattia coronarica
3	Iperensione instabile
4	Malattia vascolare periferica
5	Tromboembolia venosa
6	Stati ipercoagulabili
7	Arteriosclerosi
8	Ischemia miocardica silenziosa
9	Disfunzione ventricolare
10	Emofilia
11	Disfunzione endoteliale vascolare
12	Vene varicose
13	Sindrome di Marfan
14	Obesità
15	Diabete
16	Gravidanza

Tabella 2. Controindicazioni al BFR – RE<sup>49</sup>.

Diversi fattori estrinseci modificabili per la minimizzazione del rischio includono la selezione della pressione per il BFR e la dimensione del polsino nonché il completamento di un questionario standard di sicurezza pre-esercizio per determinare eventuali controindicazioni, da parte del paziente, al BFR. Secondo alcuni autori<sup>52,53</sup>, l'area di maggiore preoccupazione riguarda l'attrezzatura utilizzata (in particolare la larghezza del polsino restrittivo), la pressione finale applicata durante l'esercizio e come questa venga inizialmente determinata. Tuttavia, questo metodo risulta essere limitato in quanto non

tiene conto delle patologie muscolo scheletriche e delle differenze interindividuali (status clinico, vascolarizzazione, pressione arteriosa, circonferenza dell'arto) che possono non solo diminuire l'efficacia del BFR, ma destare anche preoccupazione in merito alla sicurezza applicativa. Kacin<sup>53</sup> raccomanda di effettuare una valutazione clinica e funzionale prima dell'allenamento con BFR. A tale scopo ha sviluppato uno strumento di screening clinico per determinare il livello di rischio nella prescrizione di programmi di allenamento con BFR<sup>53</sup>.

## DISCUSSIONE

La restrizione del flusso sanguigno (BFR) è un processo che utilizza polsini gonfiabili, e non, per creare occlusione vascolare, in particolar modo venosa, all'interno di un arto superiore o inferiore, durante l'esercizio (Foto 1.).



**Foto 1.** Allenamento con restrizione del flusso sanguigno (occlusione) (V. Colombo - 2020).

Questa tecnica può stimolare l'ipertrofia muscolare e migliorare la performance. Tuttavia, la maggior parte degli studi ha coinvolto giovani uomini sani con particolare attenzione alla performance atletica. Inoltre, gran parte delle informazioni sul BFR proviene da studi con campioni di piccole dimensioni, tempi di follow-up limitati e vari progetti di ricerca che hanno portato a una maggiore inclinazione di progettazione, selezione e campionamento. Per cui è importante che i professionisti abbiano una chiara comprensione degli effetti e delle linee guida riportate per il BFR – RE. In relazione agli obiettivi di questa revisione abbiamo riscontrato:

### **1) Linee guida relative all'applicabilità del Blood Flow Restriction - Resistance Exercise (BFR – RE)**

Negli ultimi anni, una serie di studi <sup>1,2,6,8,11,12,33,39,49</sup> ha evidenziato che il BFR – RE aumenta efficacemente la forza dei muscoli scheletrici e / o l'ipertrofia in giovani sani<sup>7</sup>, ma anche in soggetti anziani con patologie degenerative che necessitano di riabilitazione<sup>8</sup>. Questi risultati sono stati evidenziati tramite test valutativi di tipo isotonic<sup>9</sup>, isometric<sup>10</sup> e isocinetic<sup>10</sup>. Attraverso questi test è stato osservato un incremento dell'ipertrofia muscolare con una frequenza di allenamento: a) convenzionale (2-3 volte a settimana) e b) dopo periodi di allenamento più lunghi di 3 settimane<sup>12</sup>, 5 settimane<sup>13</sup>, 6 settimane<sup>14</sup> e  $\geq 8$  settimane <sup>15,16,47,49</sup>. Gli adattamenti all'allenamento svolto con BFR dipendono da diversi fattori: a) la pressione dell'occlusione (parziale, totale), b) il tipo di occlusione

(intermittente, continua) c) l'intensità dell'esercizio (bassa, moderata, alta) d) il volume di allenamento svolto con BFR e dalla: 1) forma del polsino 2) larghezza e lunghezza del polsino 3) dimensioni dell'arto 4) pressione sanguigna di un individuo<sup>17</sup>. Per superare le incongruenze sopra descritte, molti studi<sup>5,6,17</sup> hanno raccomandato l'uso di compressioni personalizzate basate su LOP (Limb Occlusion Pressure) per la riabilitazione con BFR. La LOP può essere definita come la pressione minima richiesta, in un preciso momento con uno specifico polsino applicato a un determinato arto del paziente in una posizione specifica, per delimitare il flusso di sangue arterioso/venoso nell'arto distale al polsino. La LOP è influenzata da variabili, tra cui le caratteristiche dell'arto del paziente, le caratteristiche del polsino selezionato e la forma<sup>18,19</sup>. Alcuni ricercatori hanno suggerito che la compressione potrebbe essere personalizzata: giustamente secondo noi, in relazione all'individuo. Questo può essere fatto gonfiando il polsino utilizzato durante l'esercizio fisico fino al 100% di AOP e conseguenzialmente utilizzando una percentuale di tale pressione dal 40 all'80% di AOP durante l'esercizio. Sebbene alcuni abbiano applicato pressioni relative alla pressione arteriosa sistolica brachiale (pressione sanguigna tradizionale)<sup>20</sup> ciò potrebbe non fornire una riduzione coerente del flusso sanguigno a meno che il polsino usato per la pressione sanguigna, tradizionale, sia lo stesso utilizzato durante l'esercizio<sup>2,18,19,21</sup>. Queste pressioni/compressioni variano da 50 mmHg fino a 300 mmHg<sup>8,15</sup> (millimetri di mercurio). Pertanto, in relazione alla letteratura da noi recensita, si evidenzia come la pressione, da impostare orientativamente durante l'esercizio con BFR in base alla misurazione dell'AOP, varia dal 40 all'80% dell'AOP<sup>22</sup>. La quantità di pressione richiesta per interrompere il flusso sanguigno venoso è in gran parte determinata dalla larghezza e dal materiale del polsino applicato all'arto; un polsino più largo richiede una minore compressione<sup>18,19,21,23</sup>. Questo è un punto metodologico applicativo importante, in quanto esiste una vasta gamma di larghezze del polsino (da 3 a 18 cm) utilizzate nella letteratura relativa al BFR<sup>26,33,49</sup>. L'utilizzo di due polsini di dimensioni diverse, con lo stesso status di pressione, può produrre un grado completamente diverso di restrizione venosa degli arti tramite BFR<sup>24</sup>. Così, conseguenzialmente, l'applicazione di una pressione relativa del 40% di AOP non comporta una riduzione del 40% del flusso sanguigno<sup>25</sup>. In letteratura vengono proposti sia polsini elastici sia in nylon. Nella nostra analisi non abbiamo riscontrato lavori sufficienti che confrontano direttamente i materiali del polsino. Non ci sono prove disponibili tali da indicare la superiorità di un materiale rispetto a un altro. Inoltre, sia i polsini elastici sia quelli in nylon sono stati utilizzati in letteratura e hanno mostrato utili adattamenti muscolari. Considerando questi risultati e le poche evidenze presenti, il materiale del polsino non sembra influenzare i risultati del BFR – RE<sup>26</sup>. La pressione/compressione applicata durante l'esercizio può anche essere determinata in una certa misura dal carico relativo sollevato durante l'esercizio contro-resistenza. Carichi corrispondenti al 20–40% del livello di forza massima (1RM) sono evidenziati come ottimali<sup>27,28,29</sup>. Nella letteratura BFR-RE, esiste un modello base formato da 75 ripetizioni suddivise in quattro serie per esercizio, con 30 ripetizioni nella prima serie e 15 ripetizioni in ogni serie successiva<sup>21,30,31</sup>. È di frequente riscontro, anche, completare 3-5 serie di lavoro concentrico durante il BFR – RE<sup>18,19,21,32</sup>. Pertanto, si suggerisce di effettuare 75 ripetizioni in quattro serie (30, 15, 15, 15 rip.). Questo volume viene indicato come valore sufficiente al fine dell'ottenimento di adattamenti positivi<sup>2,4,14,19,26,28</sup>. I periodi di riposo intermedi utilizzati durante il BFR-RE sono generalmente brevi. Loenneke<sup>2</sup> ha condotto una meta-analisi che ha evidenziato adattamenti positivi in termini di forza, con periodi di riposo tra i 30 e 60 secondi<sup>2</sup>. Altri studi<sup>2,18,21</sup> hanno utilizzato periodi di riposo fino a 150 sec. . Tuttavia, periodi di riposo di 30 sec.<sup>18</sup> e da 30 a 60 sec.<sup>33,34</sup> sono comuni nella letteratura BFR da noi scansita. Complessivamente, sono raccomandati periodi di riposo compresi tra 30 e 60 secondi. Tuttavia il recupero con BFR intermittente può ridurre lo stress metabolico rispetto al recupero continuo<sup>34,49</sup>. Tradizionalmente vengono evidenziati aumenti indirizzati all'ipertrofia muscolare e alla forza con due sedute di allenamento settimanali<sup>10,35,36</sup>. Per quanto riguarda la durata

dei programmi BFR-RE, è stato osservato un incremento dell'ipertrofia muscolare e della forza in brevi intervalli di tempo<sup>1,31,34</sup> (range temporale 1-3 settimane). Gli approcci ad alta frequenza (sedute di 1-2 volte al giorno) possono essere usati per brevi periodi di tempo (da 1 a 3 settimane). Tuttavia, la letteratura valorizza periodi di normale programmazione, ovvero da 2 a 3 sedute a settimana<sup>1,2,14,6</sup>.

## 2) BFR – RE nelle patologie degenerative articolari (OA) del ginocchio

Con l'aumento della durata della vita, sono necessari interventi efficaci per gestire il dolore e mantenere la funzione fisica nei pazienti con un degrado dell'ambiente articolare (OA). La "debolezza dei muscoli scheletrici" è uno dei principali fattori che contribuisce al dolore articolare e al declino funzionale tra le persone con OA in particolar modo del ginocchio. Le stime suggeriscono che il 30 - 50% degli adulti di età superiore ai 65 anni<sup>45</sup> soffre di OA e si prevede che la percentuale di individui affetti aumenterà drasticamente nei prossimi anni a causa dell'incremento della vita media della popolazione e della crescente, conseguenziale, prevalenza di OA<sup>38</sup>. Gli allenamenti classici volti a incrementare la forza dei muscoli scheletrici dell'arto inferiore, comportano spesso esercizi ad alto carico o ad alta intensità. Questi possono incrementare le forze compressive patello - femorali e tibio - femorali con un conseguenziale incremento, in pazienti con OA, del dolore articolare e riduzione del range articolare<sup>42,43,45</sup>. L'allenamento con BFR contro resistenze è stato validato come un'opzione praticabile per aumentare la forza e la massa dei muscoli scheletrici in alcuni anziani, inclusi quelli con fattori di rischio per OA del ginocchio<sup>39</sup>. L'uso del BFR nella riabilitazione<sup>48,12</sup> delle patologie muscolo scheletriche trova iniziali riscontri nell'attuale letteratura<sup>4,5,8,12,17,46</sup>. L'allenamento con BFR a carico moderato (ad es. 20% - 30% 1RM) sembra produrre miglioramenti significati in termini di forza. In uno studio pilota randomizzato di Harper<sup>46</sup> i partecipanti, di età  $\geq 60$  anni ( $n = 35$ ), con OA del ginocchio, sono stati studiati dopo 12 settimane di allenamento dell'arto inferiore con metodica BFR. Quattro esercizi sono stati eseguiti tre volte la settimana utilizzando il 20% e il 60% di una ripetizione massima (1RM). Viene evidenziato in questo studio come il BFR sia un'alternativa sicura e applicabile in pazienti con OA del ginocchio. Viene suggerito dall'autore<sup>46</sup> un successivo Randomized Clinical Trial (RCT) su vasta scala per confrontare il MIRT (Moderate-Intensity Resistance Training) con il BFR (Blood-Flow Restriction). Sempre Harper<sup>46</sup> sottolinea, però, come i risultati di questo studio pilota non dovrebbero essere sopravvalutati, ma interpretati come dati di supporto che indicano il BFR come un regime di allenamento alternativo per migliorare il dolore e la funzione tra gli anziani con OA del ginocchio. Questi dati si correlano con la letteratura precedente<sup>50,51</sup> che evidenziava come il BFR rappresenti una potenziale strategia terapeutica per gli anziani con patologie degenerative articolari. Segal<sup>50</sup> in uno studio del 2015, effettuato su donne con OA sintomatica del ginocchio, sostiene come l'allenamento BFR – RE svolto al 30% di 1RM per 4 settimane non riporti aumenti di forza significativi nel quadricipite stimolato con esercizi alla leg press. Cook<sup>51</sup> ha evidenziato miglioramenti sostanziali della forza e della qualità della vita in soggetti anziani dopo 12 settimane di allenamento con BFR – RE. Centner<sup>39</sup> in un recente lavoro del 2019 suggerisce come il BFR-RE sia una strategia efficace per aumentare la forza muscolare negli anziani<sup>40</sup>. Questo incremento è correlabile con una riduzione del dolore articolare<sup>4,46</sup>. Baker<sup>6</sup> suggerisce che il BFR – RE può essere proposto in riabilitazione al fine di stimolare l'ipertrofia muscolare in adulti di età superiore ai 50 anni colpiti da sarcopenia<sup>4,5,6</sup>. Una parte della letteratura scientifica<sup>4,8,11,12,13,14,16</sup> sottolinea come l'aumento della forza e della massa muscolare, successivo all'allenamento con BFR – RE, sia simile e correlabile a quello osservato con allenamenti ad alta intensità ( $\geq 80$  % 1RM). L'allenamento BFR – RE evidenzia risultati promettenti<sup>37,39,41,46</sup> in termini di riduzione del dolore e di miglioramento della funzionalità e della qualità della vita. Possiamo affermare quanto sia importante per i clinici avere una chiara comprensione della metodologia applicativa, degli effetti e delle complicanze riportate dall'utilizzo del BFR. Il quadro

clinico e lo status del paziente devono essere tenuti presenti nella personalizzazione applicativa del BFR – RE. L'analisi dei fattori di rischio ricollegabili all'applicazione della metodica, deve essere approfondita con nuove ricerche.

### **Riflessioni e prospettive future**

Ci sono lavori scientifici, pubblicati soprattutto negli ultimi anni, che supportano l'allenamento BFR – RE atto a migliorare la forza muscolare e stimolare l'ipertrofia nei soggetti sportivi e anziani. Nel complesso, l'allenamento BFR può essere visto come una modalità terapeutica emergente per ottenere adattamenti fisiologici per gli individui che non possono tollerare in modo sicuro l'esercizio ad alta tensione muscolare. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi e ricerche per stabilire i parametri relativi alla sicurezza di applicazione. Incoraggiamo, pertanto, i ricercatori ad approfondire gli aspetti fisiologici e l'applicabilità pratica per strutturare protocolli di allenamento con BFR – RE personalizzati nelle patologie muscolo scheletriche.

### **CONCLUSIONI**

Lo scopo di questo articolo è quello di fornire una panoramica sulla applicabilità del BFR – RE nelle patologie muscolo scheletriche attraverso l'individuazione di linee guida. Sebbene la maggior parte della ricerca sull'allenamento LL – BFR abbia esaminato popolazioni sane, dalla letteratura da noi scansionata emerge come l'allenamento con BFR può essere, metodologicamente, uno strumento utilizzabile in pazienti anziani e con un degrado dell'ambiente articolare. Tuttavia, considerando i possibili effetti collaterali e le complicità a oggi conosciute, suggeriamo, in queste conclusioni, una attenta valutazione clinica finalizzata, in anziani affetti da patologie multiple, ad una corretta prescrizione dell'esercizio fisico e riabilitativo.

Le controindicazioni e gli effetti collaterali, in anziani, rimangono, nel BFR, poco descritti nella attuale letteratura scientifica. In questa revisione non abbiamo riscontrato protocolli personalizzati di applicabilità in relazione alle varie patologie muscolo scheletriche.



### **Dichiarazione di conflitto di interessi**

Gli autori non hanno dichiarato potenziali conflitti di interesse in relazione alla ricerca, alla paternità e / o alla pubblicazione di questo articolo.

### **Finanziamento**

L'autore o gli autori non hanno ricevuto alcun sostegno finanziario per la ricerca, la paternità e / o la pubblicazione di questo articolo.

Tutti gli autori hanno letto e accettato la versione pubblicata del manoscritto.

### **Dichiarazione dell'Editore**

Questo è un file PDF di un manoscritto non modificato che è stato accettato per la pubblicazione. Come servizio ai nostri clienti stiamo fornendo questa prima versione del manoscritto. Il manoscritto sarà sottoposto a copia, impaginazione e revisione della bozza prima di essere pubblicato nella sua forma finale. Si noti che durante il processo di produzione possono essere rilevati errori che potrebbero influire sul contenuto e tutte le esclusioni di responsabilità legali che si applicano alla rivista sono pertinenti.

**Ita. J. Sports Reh. Po.**  
Italian Journal of  
Sports Rehabilitation and Posturology

## REFERENCES

1. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Med.* 2015 Mar; 45(3):313-25.
2. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembien MG Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012 May; 112(5):1849-59.
3. Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012, Nov; 44(11):2077-83.
4. Patterson SD, Hughes L, Head P, Warmington S, Brandner C., Blood flow restriction training: a novel approach to augment clinical rehabilitation: how to do it. *Br J Sports Med.* 2017 Dec; 51(23):1648-1649.
5. Amorim S, Degens H, Passos Gaspar A, De Matos LDNJ The Effects of Resistance Exercise With Blood Flow Restriction on Flow-Mediated Dilation and Arterial Stiffness in Elderly People With Low Gait Speed: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc.* ,2019 Nov 1;8(11):e14691.
6. Baker BS, Stannard MS, Duren DL, Cook JL, Stannard JP. Does Blood Flow Restriction Therapy in Patients Older Than Age 50 Result in Muscle Hypertrophy, Increased Strength, or Greater Physical Function? A Systematic Review *Clin Orthop Relat Res.* 2020 Mar;478(3):593-606.
7. Slysz J, Stultz J, Burr JF The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2016 Aug; 19(8):669-75.
8. 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 Jul; 51(13):1003-1011.
9. Burgomaster KA, Moore DR, Schofield LM, Phillips SM, Sale DG Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Med Sci Sports Exerc.*, 2003 Jul; 35(7):1203-8.
10. 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 Jan; 88(1):61-5.
11. Nielsen JL, Frandsen U, Prokhorova T, Bech RD, Nygaard T, Suetta C, Aagaard P Delayed Effect of Blood Flow-restricted Resistance Training on Rapid Force Capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2017 Jun; 49(6):1157-1167.
12. Ladlow P, Coppack RJ, Dharm-Datta S, Conway D, Sellon E, Patterson SD, Bennett AN Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction Improves Clinical Outcomes in Musculoskeletal Rehabilitation: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Front Physiol.* 2018; 9 :1269.
13. 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.* 2013 Jul; 16(4):337-42.

14. Thiebaud RS, Yasuda T, Loenneke JP, Abe T, Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. *Interv. Med. Appl. Sci.* 2013 Jun; 5(2):53-9.
15. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp Gerontol.* 2017 Dec 1; 99 :138-145.
16. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, Libardi CA, Roschel H Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018 Feb; 48(2):361-378.
17. McEwen J. A., Owens J. G., Jeyasurya J. Why is it crucial to use personalized occlusion pressures in blood flow restriction (BFR) rehabilitation? *J. Med. Biol. Eng.* 2018 ; 39 7–11.
18. Loenneke JP, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM, Abe T, Bemben MG Effect of cuff type on arterial occlusion. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2013 Jul; 33(4):325-7.
19. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Sherk VD, Thiebaud RS, Abe T, Bemben DA, Bemben MG , Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Aug; 112(8):2903-12.
20. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports.* 2015 Dec; 25(6):770-7.
21. Loenneke JP, Loprinzi PD, Abe T, Thiebaud RS, Allen KM, Grant Mouser J, Bemben MG, Arm circumference influences blood pressure even when applying the correct cuff size: Is a further correction needed? *Int J Cardiol.* 2016 Jan 1; 202():743-4.
22. Mattocks KT, Jessee MB, Counts BR, Buckner SL, Grant Mouser J, Dankel SJ, Laurentino GC, Loenneke JP The effects of upper body exercise across different levels of blood flow restriction on arterial occlusion pressure and perceptual responses. *Physiol Behav.* 2017 Mar 15; 171:181-186.
23. Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research. *Sports Med.* 2016 Jun; 46(6):913-21.
24. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2012 Sep; 32(5):331-7.
25. Mouser JG, Laurentino GC, Dankel SJ, Buckner SL, Jessee MB, Counts BR, Mattocks KT, Loenneke Blood flow in humans following low-load exercise with and without blood flow restriction. *JP Appl Physiol Nutr Metab.* 2017 Nov; 42(11):1165-1171.
26. Kim D, Loenneke JP, Ye X, Bemben DA, Beck TW, Larson RD, Bemben MG Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve.* 2017 Dec; 56(6): E126-E133.

27. Counts BR, Dankel SJ, Barnett BE, Kim D, Mouser JG, Allen KM, Thiebaud RS, Abe T, Bemben MG, Loenneke JP, Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. *Muscle Nerve*. 2016 Mar; 53(3):438-45.
28. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, Tricoli V, Roschel H Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Dec; 115(12):2471-80.
29. Dankel SJ, Jessee MB, Abe T, Loenneke JP, The Effects of Blood Flow Restriction on Upper-Body Musculature Located Distal and Proximal to Applied Pressure. *Sports Med*. 2016 Jan; 46(1):23-33.
30. May AK, Brandner CR, Warmington SA Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise. *Physiol Rep*. 2017 Feb; 5(3).
31. Ozaki H, Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki-Sunaga M, Naito H, Abe T Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *Eur J Appl Physiol*. 2013 Jan; 113(1):167-74.
32. Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Rossow LM, Kim D, Abe T, Beck TW, Feeback DL, Bemben DA, Bemben MG, Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015 May; 35(3):167-76.
33. Ladlow P, Coppack RJ, Dharm-Datta S, Conway D, Sellon E, Patterson SD, Bennett AN, Low-Load Resistance Training With Blood Flow Restriction Improves Clinical Outcomes in Musculoskeletal Rehabilitation: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Front Physiol*. 2018; 9 :1269.
34. Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, Yamasoba T, Sato Y, Nakajima T, Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015 Aug; 70(8):950-8.
35. Kraemer WJ, Ratamess NA, fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*. 2004 Apr; 36(4):674-88.
36. Madarama H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N, Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2008 Feb; 40(2):258-63.
37. Buford TW, Fillingim RB, Manini TM, Sibille KT, Vincent KR, Wu SS. Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials*. 2015 Jul; 43:217-22.
38. Zhang Y, Jordan JM Epidemiology of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med*. 2010 Aug; 26(3):355-69.
39. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis [published correction appears in *Sports Med*. 2018 Nov 9]. *Sports Med*. 2019; 49(1):95–108.
40. Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sugaya M, Nakajima T, Abe T., Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011 Mar; 66(3):257-63.

41. Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG, Renner JB, Tudor G, Koch G, Dragomir A, Kalsbeek WD, Luta G, Jordan JM, Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2008 Sep 15;59(9):1207-13.
42. D’Onofrio R., Fabbrini R., Polizzotti G., Civitillo C. and Tucciarone A. Analisi della Kellgren Lawrence Grading Scale e KOOS Score nella fase post -ricostruttiva del LCA in una coorte di 33 sportivi dilettanti. Follow-up a 5 anni. *Ita. J. Sports Reh. Po* 2022; 9 (20); 2;3; 2092 – 2106; ISSN 2385-1988 [online] (in print).
43. Tamburrino P., D’Onofrio R., Civitillo C., Padasala M. and Castellacci E.; Osteoartrite nel calciatore. *Epidemiologia, Visco – supplementazione ed integrazione: una revisione narrativa della letteratura*; *Ita. J. Sports Reh. Po.* 2021; 8 (18); 3; 4; 1935 - 1951; DOI .10.17385/ItaJSRP.21.18.080304 (in print).
44. Thomas S. , Heather Browne H. What is the evidence for a role for diet and nutrition in osteoarthritis *Rheumatology* 2018 May; 57(Suppl 4): iv61–iv74.
45. D’Onofrio R, Civitillo C. Articolazione del Ginocchio. Short Report per individuare i processi evolutivi dell’Osteoartrite nei Calciatori. *GIOSBE Journal.* Settembre 2020. Vol 6 (1): pag 1-8.
46. Harper SA, Roberts LM, Layne AS, et al. Blood-Flow Restriction Resistance Exercise for Older Adults with Knee Osteoarthritis: A Pilot Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2019;8(2):265. Published 2019 Feb 21.
47. Libardi CA, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, Tricoli V, Roschel H, Vechin FC, Conceição MS, Ugrinowitsch C Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med.* 2015 May; 36(5):395-9.
48. Lees FD, Clarkr PG, Nigg CR, Newman P Barriers to exercise behavior among older adults: a focus-group study. *J Aging Phys Act.* 2005 Jan; 13(1):23-33.
49. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety [published correction appears in *Front Physiol.* 2019 Oct 22;10:1332]. *Front Physiol.* 2019;10:533. Published 2019 May 15.
50. Segal N.A., Williams G.N., Davis M.C., Wallace R.B., Mikesky A.E., Efficacy of blood flow-restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. *PM&R.* 2015;7:376–384.
51. Cook S.B., Laroche D.P., Villa M.R., Barile H., Manini T.M. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp. Geronto.* 2017;99:138–145.
52. Brandner C.; May A. ;Clarkson M.; Warmington S. ; Reported Side-effects and Safety Considerations for the Use of Blood Flow Restriction During Exercise in Practice and Research *Techniques in Orthopaedics.* 33(2):114–121, June 2018.
53. Kacin A, Rosenblatt B, Grapar Zargi T, Biswas A. Safety considerations with blood flow restricted resistance training. *Annales Kinesiologiae.* 2015; 6(1), 3-26.
54. Natsume, T., Ozaki, H., Saito, A., Abe, T., and Naito, H., Effects of electrostimulation with blood flow restriction on muscle size and strength. *Med Sci Sports Exerc* 2015 Dec;47(12):2621-7.

55. Gorgey, A. S., Timmons, M. K., Dolbow, D. R., Bengel, J., Fugate-Laus, K. C., Michener, L. A., et al. (2016). Electrical stimulation and blood flow restriction increase wrist extensor cross-sectional area and flow mediated dilatation following spinal cord injury. *Eur J Appl Physiol* 2016 Jun;116(6):1231-44.

**Ita. J. Sports Reh. Po.**  
Italian Journal of  
Sports Rehabilitation and Posturology