



Giles Gyer BSc (Hons) Osteopathie
Jimmy Michael BSc (Hons) Osteopathie, BSc (Hons) Sportwissenschaft
www.omtraining.co.uk
Instagram - @OMTTraining_Official

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

In vollem Umfang des Gesetzes übernehmen weder der Herausgeber noch die Autoren irgendeine Haftung für Verletzungen und/oder Schäden an Personen oder Eigentum, die als Folge der in diesem Material enthaltenen Anweisungen oder Ideen entstehen.

Dieses Fachgebiet entwickelt sich laufend weiter, da neue Forschungen und Erfahrungen unser Wissen erweitern. Infolgedessen können Änderungen in der Anwendung erforderlich sein.

Trainer sollten sich bei der Bewertung und Anwendung der in diesem Buch enthaltenen Informationen auf ihre eigenen Fachkenntnisse verlassen. Sie sollten sowohl auf ihre eigene Sicherheit als auch auf die Sicherheit der ihnen anvertrauten Personen achten und im Zweifelsfall den Rat einer qualifizierten Fachkraft einholen.

In Bezug auf alle vorgestellten Techniken wird dem Leser empfohlen, die aktuellsten verfügbaren Informationen über Verfahren, Dosierung, Methode und Dauer der Behandlung sowie Kontraindikationen zu recherchieren.

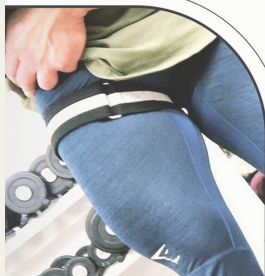
Es liegt in der Verantwortung des Lesers, alle notwendigen Sicherheitsvorkehrungen zu berücksichtigen.

INHALT

• Geschichte und Definition	.....	4
• Anwendung von Okklusionstraining	.....	5
• Warum ermöglicht BFR-RE mehr Zuwachs an früher Muskelmasse im Vergleich zu HL-RE	.....	6
• Warum ermöglicht	.....	7
• Manschettenbreite und Material der Manschette	.....	8
• Tabelle 1:Modell der Trainingsverordnung mit BFR-RE.	.....	9
• Trainingsbelastung und Umfang	.....	10
• Ruhepausen und Häufigkeit	.....	11
• Dauer und Nachteile	.....	12
• Tabelle 2:Modell der Übungsverordnung mit BFR-AE.	.....	13
• Protokolle zur Prävention von Kraftverlust und Atrophie	.....	14
• Tabelle 3:Modell der Übungsverordnung mit P-BFR.	.....	15
• BFR mit elektrischer Stimulation (BFR-ES) und Sicherheitsaspekte von BFR-RE	.....	16
• Zentrale vaskuläre Reaktion auf BFR-RE und Periphere vaskuläre Reaktion auf BFR-RE	.....	17
• BFR-RE und venöse Thromboembolie: Akute Maßnahmen	.....	18
• BFR-RE und venöse Thromboembolie: Chronische Maßnahmen	.....	18
• BFR-RE und das fibrinolytische System	.....	19
• BFR-RE und Risikopopulationen für VTE	.....	19
• BFR-RE und reaktive Sauerstoffspezies	.....	20
• Muskelschäden	.....	20
• Zusammenfassung	.....	22
• Referenzen	.....	23

Okklusionstraining

BEAR GRIP® 



Size	Measurement (Inches)	Body part
Medium	24.5"	Arms
Large	36"	Legs

BEAR GRIP® 



WAS IST OKKLUSIONSTRAINING (BFR)?

- Eine Trainingsmethode, bei der der Blutfluss in der arbeitenden Muskulatur mit niedriger Trainingsintensität eingeschränkt wird.
- Okklusionstraining zielt darauf ab, die gleichen Ergebnisse wie bei einem Training mit hoher Intensität zu erzielen, jedoch mit einer niedrigen Trainingsintensität und reduziertem Blutfluss.
- Die Technik funktioniert hauptsächlich durch die Einschränkung des arteriellen Blutflusses und des venösen Abflusses im Muskel.

GESCHICHTE

- Die Wurzel des Okklusionstrainings liegt in einer japanischen Trainingsmethode namens "Kaatsu".
- Dr. Yoshiaki Sato entwickelte diese patentierte Trainingsmethode.
- Kaatsu bedeutet "Training mit zusätzlichem Druck".
- Das Kaatsu-Training wird heute weltweit durchgeführt und mit einem pneumatischen Tourniquet realisiert.



WIE FUNKTIONIERT OKKLUSIONSTRAINING MIT DEM PNEUMATISCHEN TOURNIQUET?

Bei dem Okklusionstraining wird mit Hilfe einer Tourniquet-Manschette ein externer Druck auf die oberen und/oder unteren Gliedmaßen ausgeübt. Die Manschette wird aufgeblasen, wodurch die darunter liegenden Blutgefäße allmählich zusammengedrückt werden. Der normale Blutfluss wird innerhalb der Manschette behindert, da der arterielle Blutfluss teilweise eingeschränkt und der venöse Abfluss stark beeinträchtigt wird. Die Endresultate des Okklusionstrainings sind eine schlechte Sauerstoffversorgung (Hypoxie) innerhalb des Muskelgewebes und Blutansammlungen (venöse Insuffizienz) innerhalb der Kapillaren. Im Allgemeinen tritt die Blutansammlung in verschlossenen Körperregionen auf.

- Die Durchführung von Okklusionsübungen stört den Blutfluss zusätzlich, da eine solche Aktivität den intramuskulären Druck unter der Manschette erhöht.

ANWENDUNG VON OKKLUSIONSTRAINING

1. Aktiv mit Bewegung:

Okklusionstraining mit Widerstandsübung (eng.: BFR with resistance exercise [BFR-RE])

2. Passives Okklusionstraining mit aerobem Training (eng.: BFR with aerobic exercise [BFR-AE])

3. Experimentell: Okklusionstraining mit nicht-traditionellen Trainingsmodalitäten (z.B. Ganzkörper-Vibrationstechniken und neuromuskuläre Elektrostimulation)

BFR-RE

BFR-RE steigert die Muskelhypertrophie und die Kraft.

Neuere systematische Übersichten und Meta-Analysen haben zudem eine Wirkung auf die Muskelkraft und/oder Hypertrophie bei jungen und älteren Bevölkerungsgruppen sowie bei belastungseingeschränkten Patienten, die eine Rehabilitation benötigen, gezeigt.

Die durch BFR-RE induzierte Verbesserung der Muskelkraft wurde durch verschiedene :

i) dynamische isotonische, isometrische und isokinetische Kraft

ii) Rate der Kraftentwicklung/
Sprengkraftkapazität

- BFR-RE kann bei Muskelhypertrophie und Kraftadaptionen erfolgreichere Resultate als ein Widerstandstraining mit geringer Belastung (LL-RE) erzielen. Solche Veränderungen können bereits nach 1-3 Wochen beobachtet werden.
- Wie BFR-RE erzielt auch das Hochlast-Widerstandstraining (HL-RE) frühe Kraftzuwächse; die Anpassung der Muskelmasse nach HL-RE ist jedoch typischerweise langsam.

WARUM ERMÖGLICHT BFR-RE MEHR ZUWACHS AN FRÜHER MUSKELMASSE IM VERGLEICH ZU HL-RE?

- Eine Zunahme der Muskelgröße mit BFR-RE wurde bereits nach 2-10 Tagen nach dem Training beobachtet.
- Das frühe Muskelwachstum nach dem BFR-RE Training ist wahrscheinlich auf die Verwendung einer hohen Trainingsfrequenz zurückzuführen, was bei HL-RE jedoch nicht immer möglich ist.
- BFR-RE erfordert geringere mechanische Anforderungen als HL-RE, was wahrscheinlich eine höhere Trainingsfrequenz ermöglicht.
- Muskelhypertrophie mit konventioneller Trainingsfrequenz resultiert oft aus längeren Trainingsdauern (3 Wochen bis ≥ 8 Wochen).



WEITERE VORTEILE

- BFR-RE ermöglicht einen stärkeren Zuwachs an Muskelkraft als LL-RE allein. Diese Trainingsmethode ist jedoch weniger effektiv als HL-RE in Bezug auf den Muskelkraftgewinn.
- Sowohl BFR-RE als auch HL-RE schienen beim Wachstum der Muskelmasse gleich wirksam zu sein.

EMPFEHLUNG

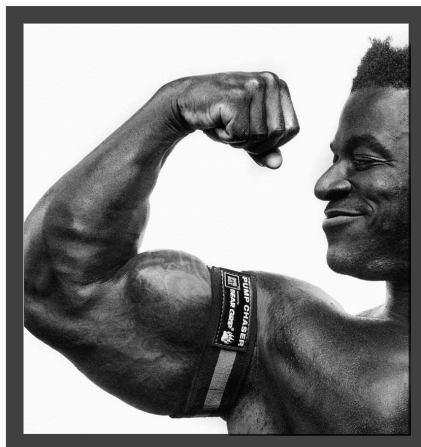
- BFR-RE ist effektiver als LL-RE allein und kann eingesetzt werden, wenn HL-RE nicht ratsam ist (z. B. bei postoperativer Rehabilitation, kardialer Rehabilitation, entzündlichen Erkrankungen und gebrechlichen älteren Menschen).
- BFR-RE kann auch als potentielle Alternative zu HL-RE in klinischen Populationen mit Inaktivitätsatrophie eingesetzt werden.

ERMITTELN DES MANSCHETTENDRUCKS

- Mehrere Gliedmaßeigenschaften beeinflussen den arteriellen Verschlussdruck (AVD) :
 - die Tourniquetform;
 - die Breite und Länge des Gliedes;
 - die Größe der Gliedmaße; und
 - der Blutdruck.
- Eine größere Extremität erfordert oft einen höheren Manschettendruck, um den arteriellen Blutfluss vollständig einzuschränken.
- Forscher empfehlen, dass der Druck relativ zur trainierten Gliedmaße erfolgen sollte.
- Therapeuten sollten es vermeiden, Druck relativ zum brachialen systolischen Blutdruck (eng.: brachial systolic blood pressure [SbP]) anzuwenden.
- Der brachiale systolische Blutdruck korreliert schlecht mit der Messung des Okklusionsdruck und liefert möglicherweise keine konsistente Reduktion des Blutflusses.
- Der Druck während des Okklusionstrainings sollte basierend auf der Messung des brachialen systolischen Blutdrucks eingestellt werden.
- Experten empfehlen Drücke im Bereich von 40 bis 80 %.

MANSCHETTENBREITE

- Die Manschettenbreite des Gliedes spielt eine große Rolle bei der Bestimmung des AVD.
- Eine breitere Manschette erfordert oft einen niedrigeren Druck aufgrund der größeren Oberfläche.
- In Fachliteratur zu Okklusionstrainings werden häufig Manschettenbreiten von 3-18 cm verwendet.
- Zu beachten: Die Anwendung eines relativen Drucks von 40 % AVD bedeutet nicht, dass der Blutfluss um 40 % reduziert wird.
- Forscher sind sich einig, dass sich das Wachstum direkt unter der Manschettenposition abschwächen kann.
- Forscher genehmigen die Verwendung einer Vielzahl von Manschettenbreiten, aber die Therapeuten sollten den Druck mithilfe des AVD ermitteln.
- Forscher raten dazu, die Verwendung von extrem breiten Manschetten zu vermeiden, da dies die Bewegung während des Trainings einschränken kann.



MATERIAL DER MANSCHETTE

- In der Literatur werden sowohl elastische als auch Nylonmanschetten verwendet.
- Beide Materialien haben positive muskuläre Entwicklungen gezeigt.
- Manschettenmaterialien scheinen wenig oder keinen Einfluss auf die Ergebnisse von BFR-RE zu haben.
- Therapeuten können jeglichen Unterschied, der durch das Manschettenmaterial entsteht, korrigieren, indem sie den Druck prozentual zum AVD anwenden.

TRAININGSBELASTUNG, UMFANG, RUHEPAUSEN, DAUER UND HÄUFIGKEIT

TABELLE 1

MODELL DER TRAININGSVERORDNUNG MIT BFR-RE.

	Richtlinien
Häufigkeit	2-3 mal pro Woche (>3 Wochen) oder 1-2 mal pro Tag (1-3 Wochen)
Belastung	20–40% Einwiederholungsmaximum
Einschränkungszeit	5-10 min pro Übung (Reperfusion zwischen den Übungen)
Art	Kleine und große Muskelgruppen (Arme und Beine/uni- oder bilateral)
Sätze	2-4
Manschette	5 (klein), 10 oder 12 (mittel), 17 oder 18 cm (groß)
Druck bei Wiederholungen	(75 Wiederholungen) - 30 × 15 × 15 × 15, oder Sätze bis zum Muskelversagen 40-80 % AVD
Pause zwischen den Sätzen	30–60 s
Einschränkungsform	Kontinuierlich oder intermittierend
Ausführungsgeschwindigkeit	1-2 s (konzentrisch und exzentrisch)
Ausführung	Bis zum konzentrischen Versagen oder wenn das geplante Wiederholungsschema abgeschlossen ist

TRAININGSBELASTUNG

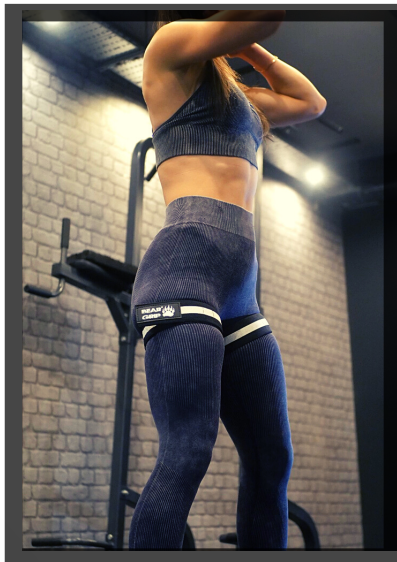
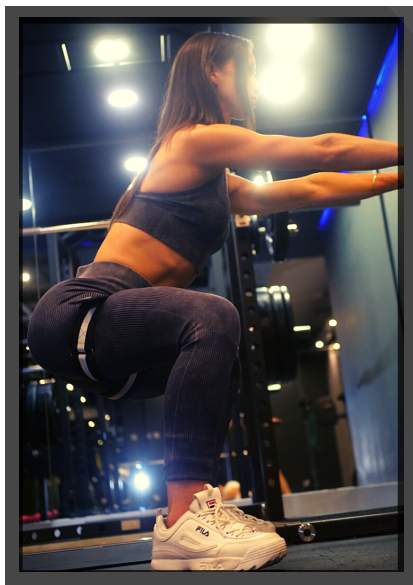
- Die relative Last, die während des Widerstandstrainings erhöht wird, kann den angewandten Druck bis zu einem gewissen Grad beeinflussen. Betroffene können ihr Muskelwachstum und ihre Kraft maximieren, indem sie mit Lasten trainieren, die 20-40 % ihres maximalen Kraftniveaus (z. B. des Einwiederholungsmaximums) entsprechen.
- Therapeuten müssen eventuell einen höheren Druck (~80% AVD) einsetzen, wenn die Belastungen unter die obige Empfehlung fallen (z.B. ~20% des Einwiederholungsmaximums).
- Das Anvisieren von Muskelgruppen proximal der Manschette kann einen höheren Anpressdruck für eine maximale Adaption erfordern.
- Das Anvisieren von Muskelgruppen proximal der Manschette kann einen höheren Anpressdruck für eine maximale Adaption erfordern.

UMFANG

- Das am häufigsten verwendete Satz- und Wiederholungsschema ist:
 - 75 Wiederholungen über vier Sätze von Übungen (30, 15, 15, 15)
 - 30 Wiederholungen im ersten Satz;
 - 15 Wiederholungen in jedem folgenden Satz.
 - Es ist zudem üblich, beim BFR-RE 3-5 Sätze bis zum konzentrischen Versagen zu absolvieren.
 - Wiederholungen bis zum Muskelversagen sind in der Praxis oftmals nicht zu empfehlen (z. B. bei Patienten, die eine Rehabilitation nach einer Operation benötigen).

RUHEPAUSEN

- Während BFR-RE sollten kurze Ruhepausen zwischen den Sätzen eingelegt werden.
- Therapeuten sollten die Einschränkung auch während dieses Zeitraums beibehalten.
- Strength adaptations have been observed with both 30 and 60 s inter-set rest periods. Kraftadaptionen wurden sowohl mit 30 als auch mit 60 s Ruhezeit zwischen den Sätzen beobachtet.
- Forscher empfehlen eine Ruhezeit von 30–60 s.
- Intermittierende BFR kann hingegen bei der Reduzierung von Schwellungen/metabolischem Stress hilfreicher sein als kontinuierliche.



HÄUFIGKEIT

- Die herkömmliche Empfehlung für BFR-RE ist 2-4 Mal pro Woche.
- Therapeuten haben zudem die Möglichkeit, ein zweimal tägliches Training in einer klinischen Rehabilitationseinrichtung einzurichten. Sie können hochfrequente Ansätze (1-2 Mal pro Tag) für kurze Zeiträume (1-3 Wochen) einführen.
- Die ideale Häufigkeit bei normaler Programmgestaltung sind 2-3 Trainingseinheiten pro Woche.

DAUER VON TRAINING

- BFR-RE kann Muskelhypertrophie und Kraftadaptionen innerhalb eines 3-wöchigen Zeitraums hervorbringen.
- Die meisten Studien plädieren jedoch für längere Trainingszeiträume (> 3 Wochen).

BFR-AE

- BFR-AE hat gezeigt, dass diese Form des Trainings sowohl die Kraft, als auch die Hypertrophie bei jungen und älteren Menschen erhöht.
- BFR-AE kann während des Gehens oder Radfahrens eingesetzt werden.
- Personen, die BRF-AE betreiben, können bereits nach 3 Wochen Veränderungen der Skelettmuskelkraft und Hypertrophie beobachten.
- Das BRF-AE Training ist nach einem Zeitraum von mindestens 6 Wochen am effektivsten.
- Untersuchungen haben eine Zunahme der Muskelkraft um 7-27% und der Hypertrophie um 3-7% nach BFR-AE gezeigt.
- BFR-AE verbessert darüber hinaus die funktionelle Fähigkeit bei einer Reihe von Aufgaben, die für das tägliche Leben, die Gesundheit und das Wohlbefinden relevant sind.

NACHTEILE

- BFR-AE ist in der Regel von niedriger Intensität (45 % Herzfrequenzreserve oder 40 % VO2 max), was die Ausführenden daran hindert, das volle Potenzial des Trainings auszuschöpfen..
- Während der Durchführung von BFR-AE fehlte eine Standardisierung des Drucks.
- Ein umfassenderes Verständnis der Muskelanpassungen an das Training mit BFR-AE erforderlich.

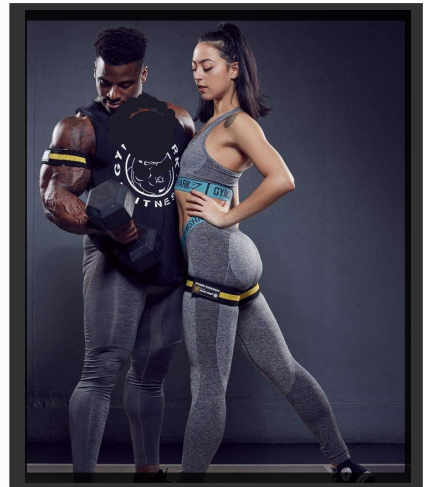


TABELLE 2

MODELL DER ÜBUNGSVERORDNUNG MIT BFR-AE.

Richtlinien	
Häufigkeit	2-3 mal pro Woche (>3 Wochen) oder 1-2 mal pro Tag (1-3 Wochen)
Intensität	<50% VO2 max oder Herzfrequenz-Reserve
Einschränkungszeit	5-20 min pro Übung
Art	Kleine und große Muskelgruppen (Arme und Beine / uni- oder bilateral)
Druck bei Sätzen	Kontinuierlich oder in Intervallen 40-80 % AVD
Manschette	5 cm (klein), 10 oder 12 cm (mittel), 17 oder 18 cm (groß)
ExTrainingsmodus	Radfahren oder zu Fuß gehen

PROTOKOLLE ZUR PRÄVENTION VON KRAFTVERLUST UND ATROPHIE

P-BFR

BFR-AE

- Bei P-BFR werden keine Übungen durchgeführt, es werden lediglich die Manschetten an den Gliedmaßen angelegt.
 - Die P-BFR-Methode hat bisher nur wenig Forschungsaufmerksamkeit erfahren.
 - Die verfügbaren Daten deuten darauf hin, dass die intermittierende Anwendung von P-BFR die Muskelatrophie und den Kraftverlust während der Bettruhe oder Immobilisierung ausgleichen kann.
 - P-BFR kann den Verlust von Muskelmasse und Kraft bei verschiedenen Erkrankungen reduzieren:
 - nach einer Operation des vorderen Kreuzbandes;
 - nach einer Knie totalendoprothese;
 - während der Gipsruhigstellung; und
 - Patienten auf der Intensivstation.
- P-BFR hat zudem gezeigt, dass die lokale oxidative Kapazität der Skelettmuskulatur erhöht wird und sich das Herz-Kreislauf-System schon innerhalb von 7 Tagen verbessert.
 - Takarada et al. (2000) entwickelte ein Standardprotokoll zur Implementierung von P-BFR.
 - Das Protokoll beinhaltet eine 5 minütige Restriktion, gefolgt von einer 3 minütigen Reperfusion, die für 3-4 Sätze angewendet wird.
 - Therapeuten können dieses Verfahren ein- oder zweimal täglich für 1-8 Wochen einrichten.
 - Die während P-BFR verwendeten Drücke variieren in der Fachliteratur stark, von 50 mmHg bis 260 mmHg.
 - Hohe Drücke können zum Schutz vor Inaktivitätsatrophie beitragen.
 - Es sind weitere Nachforschungen erforderlich, um den endgültigen Druck zu bestimmen und andere Verfahren zu analysieren.



TABELLE 3

MODELL DER ÜBUNGSVERORDNUNG MIT P-BFR.

Richtlinien

Häufigkeit	1–2 tial pro Tag (Dauer der Bettruhe/Immobilisation)
Einschränkungszeit	5-Minuten-Intervalle
Art	Kleine und große Muskelgruppen (Arme und Beine/uni- oder bilateral)
Sätze	3–5
Manschette	5 (klein), 10 oder 12 (mittel), 17 oder 18 (groß)
Pause zwischen den Sätzen	3–5 min - Ungeklärt - höherer Druck kann erforderlich sein (70-100% AVD)
Einschränkungsform	Kontinuierlich

BFR MIT ELEKTRISCHER STIMULATION (BFR-ES)

- Die Erkenntnisse über den Einsatz von BFR-ES sind noch sehr begrenzt.
- Zweimal täglich BFR-ES über 2 Wochen hat bei untrainierten Männern eine Zunahme der Muskeldicke und -kraft gezeigt.
- Die Intensität von BFR-ES kann eine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der muskulären Adaptation haben.
- BFR-ES mit niedriger Intensität für 6 Wochen hat gezeigt, dass es den CSA des langen radialen Handstreckers um 17 % erhöht.
- Bei einigen Patienten wurde außerdem eine Verbesserung der Gefäßfunktion festgestellt.
- BFR-ES ist ein potenzielles Forschungsgebiet und bedarf weiterer Untersuchungen.

SICHERHEITSSASPEKTE VON

Kardiovaskuläre Reaktion auf BFR-RE

Hinweis: Die Mechanismen zur Regulierung des Blutflusses umfassen die Modulation des Sympathikustonus und die periphere Rückkopplung aus Venolen, Arteriolen und Kapillarbetten.

- BFR-RE kann eine veränderte kardiovaskuläre Reaktion vermitteln.
- Eine solche Reaktion resultiert oft aus dem externen Druck, der während der BFR-RE-Methode ausgeübt wird.
- Sowohl die zentralen als auch die peripheren Gefäßreaktionen entsprechen dem erhöhten Sauerstoffbedarf der Skelettmuskulatur während BFR-RE.
- BFR-RE beeinflusst verschiedene metabolische, mechanische und endotheliale Faktoren, die an der lokalen Kontrolle des vasomotorischen Tonus beteiligt sind.
- BFR-RE führt in der Regel, durch Begrenzung der autonomen sympathischen Kontrolle des vasomotorischen Tonus, zu einer ausgewogenen Vasodilatation im aktiven Muskel.

ZENTRALE VASKULÄRE REAKTION AUF BFR-RE

• BFR-RE induced central cardiovascular response depends on several factors:

- Level of BFR
- Mode of exercise (i.e., BFR-RE vs. BFR-AE)
- Mode of application (i.e., continuous vs. intermittent BFR)

- BFR-RE acutely affects central hemodynamic parameters.
- The increased cardiovascular response during BFR-RE usually returns to baseline (5–10 min) after the training.
- BFR-RE seems not to affect the cardiac output.
- BFR-RE causes less changes in central hemodynamic response than HL-RE, especially if the BFR is combined with aerobic exercise.
- BFR induced changes in peripheral flow during light walking augments both peripheral and aortic systolic pressure than similar exercise without occlusion.
- BFR exerts influence only on the outgoing, but not reflected, pressure waves.
- Pressure handling affects the cardiovascular response to BFR-RE.
- Higher relative restrictive pressures induce higher cardiovascular responses to BFR-RE.
- Increased relative restrictive pressures may increase the potential risk associated with BFR-RE.
- BFR-RE can keep the blood pressure elevated if pressure cuffs are kept during rest intervals.
- BFR-RE causes higher post-exercise hypotension than HL-RE.

PERIPHERAL VASCULAR RESPONSE TO BFR-RE

- BFR-Training kann die arterielle Dehnbarkeit und die endotheliale Funktion beeinflussen.
- BFR-RE beeinflusst sowohl die Dehnbarkeit der großen als auch der kleinen Arterien.
- BFR-RE erhöht die Dehnbarkeit der großen Arterien in gleichem Maße wie LL-RE und HL-RE.
- HL-RE beeinflusst die Dehnbarkeit der kleinen Arterien intensiver als BFR-RE und LL-RE.
- BFR-RE kann zudem die endotheliale Funktion vorübergehend verbessern.
- BFR-AE kann die flussvermittelte Dilatation (FMD) akut beeinflussen.
- BFR-AE hat auch gezeigt, dass sie die FMD langfristig erhöht.
- Synkopepisoden sind in der Praxis und im klinischen Umfeld üblich; in der Fachliteratur zur BFR-AE wird jedoch nur selten über solche Vorkommnisse berichtet.
- Die Anwendung von BFR ohne einen anderen Stimulus kann gleichzeitig die SVR erhöhen und die CO verringern.
- Es hat sich gezeigt, dass die SVR nach BFR-RE oder BFR-AE ansteigt oder unverändert bleibt und nach einem Training reduziert wird.
- CO und SVR stellen bei BFR-Übungen keine kardiovaskuläre Bedrohung dar; eine konstante CO in Verbindung mit einer erhöhten SVR kann jedoch zu ungünstigen individuellen Reaktionen führen.

BFR-RE UND VENÖSE THROMBOEMBOLIE: AKUTE MAßNAHMEN

- Die Bildung eines tiefen Venenthrombus (TVT) ist ein inhärentes Problem, da die Okklusionsmanschette das Gefäßsystem während BFR-RE komprimiert.
- In der gegenwärtigen BFR-RE-Literatur finden sich nur wenige unerwünschte Ereignisse im Zusammenhang mit venösen Thromboembolien (VTE).
- Direkte Gerinnungsmarker im Blut sind die am häufigsten verwendete Messung für VTE nach BFR-RE-Anwendung.
- Akutstudien haben unbedeutende Veränderungen der Blutgerinnung mittels D-Dimer gezeigt.
- Einige Studien haben außerdem eine nicht-signifikante Erhöhung des C-reaktiven Proteins (CRP) und des Fibrinabbauprodukts festgestellt.
- Zukünftige Akutstudien sollten sich auf relative Drücke, die oberen Gliedmaßen, klinische Bevölkerungsgruppen und weibliche Probanden konzentrieren.

BFR-RE UND VENÖSE THROMBOEMBOLIE: CHRONISCHE MAßNAHMEN

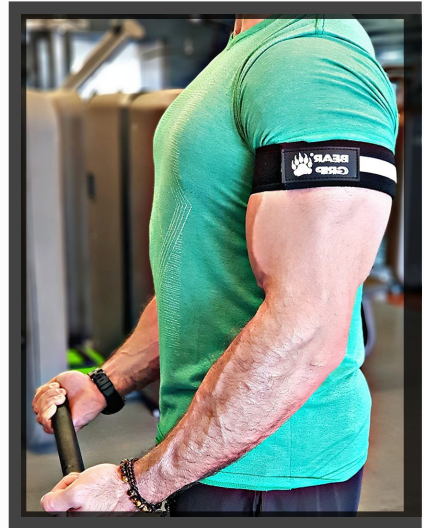
- Mehrere Veröffentlichungen über BFR-RE, die sich mit dem Thema VTE befassen, haben Folgendes vorgeschlagen:
 - Keine Veränderungen bei D-Dimer, Fibrinogen oder CRP bei Belastung der unteren Gliedmaßen über 4 Wochen bei 30% Einwiederholungsmaximum.
 - Kein signifikanter Anstieg des Fibrinabbau-, D-Dimer- oder Kreatinkinasewerte nach 12 Wochen BFR-RE bei 20-30% Einwiederholungsmaximum (2 Tage/Woche).
 - Kein signifikanter Anstieg der D-Dimer-, FDP- oder CK-Werte nach 12 Wochen bilateraler Ellenbogenextensions- und Ellenbogenflexions-Gummibandübungen.
- Die Wahrscheinlichkeit einer TVT nach BFR-RE stellt ein sehr geringes Bevölkerungsrisiko dar (0,2-0,26 % in Asien).
- Duplex-Ultraschalluntersuchungen zeigten nach 12 Sitzungen BFR-RE nach einer Knieoperation keine Anzeichen von Thrombusbildung.

BFR-RE UND DAS FIBRINOLYTISCHE SYSTEM

- Es hat sich gezeigt, dass Widerstandstraining den fibrinolytischen Signalweg nach nur einer Trainingseinheit hochreguliert.
- Die positiven Auswirkungen von Widerstandstraining auf das fibrinolytische System wurden sowohl bei gesunden jungen Erwachsenen als auch bei älteren Patienten mit Herzerkrankungen nachgewiesen.
- BFR-RE scheint das fibrinolytische System zu stimulieren.
- BFR-RE-Training der unteren Gliedmaßen hat gezeigt, dass bei gesunden Teilnehmern der Gewebefibrinogenaktivator erhöht wird.
- Ein Gefäßverschluss ohne sportliche Betätigung hat ebenfalls einen Anstieg der fibrinolytischen Faktoren gezeigt.
- Allerdings können mehrere Variablen (z. B. Alter, Geschlecht und Adipositas) die fibrinolytische Reaktion auf Bewegung verändern.

BFR-RE UND RISIKOPOPULATIONEN FÜR VTE

- Studien haben bisher keine unerwünschten Wirkungen im Zusammenhang mit VTE bei älteren Menschen nach BFR-RE berichtet.
- Die Forschung hat keinen Anstieg der Blutgerinnungsfaktoren mit BFR-RE bei älteren herzkranken Menschen gezeigt.
- Mediziner sollten etablierte klinische Vorhersageregeln verwenden, bevor sie BFR-RE anwenden, um die VTE-Wahrscheinlichkeit bei Risikopatienten zu beurteilen.



BFR-RE UND REAKTIVE SAUERSTOFFSPEZIES

MUSKELSCHÄDEN

- Oxidativer Stress tritt auf, wenn die Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) die Fähigkeit des antioxidativen Systems, die Moleküle zu reduzieren, aus dem Gleichgewicht bringt.
- Eine drucklose Tourniquet-Manschette kann zu ROS führen und wird mit ischämischen Reperforationsverletzungen nach orthopädischen Operationen in Verbindung gebracht.
- RT kann die Produktion von ROS ebenfalls hervorrufen.
- Zu den Blutmarkern für oxidativen Stress gehören:
 - Carbonylproteine,
 - Lipidperoxide,
 - Blut-Glutathion, und
 - Antioxidantien-Systeme.
- Die Anwendung von BFR-RE (20% Einwiederholungsmaximum) an den bilateralen unteren Gliedmaßen hat nachweislich nicht zu einer signifikanten Erhöhung der Lipidperoxidwerte geführt.
- BFR hat erwiesenermaßen die Proteinkarboxylwerte und das Glutathion im Blut erhöht.
- BFR-RE bei 30% Einwiederholungsmaximum hat jedoch gezeigt, dass die Proteinkarboxyls und der Glutathionstatus gesenkt werden.
- Ein Training mit moderater Intensität (70% Einwiederholungsmaximum) kann den oxidativen Stress mit oder ohne BFR erhöhen.
- Die Bildung von oxidativem Stress ist möglicherweise eher belastungs- als BFR-abhängig.
- Herkömmliche HL-RE-Trainings können bei ungeübten Personen Muskelschäden verursachen.
- Sowohl direkte als auch indirekte Indikatoren können diese Schädigung nachweisen.
- Derartige Muskelschäden treten häufig in der exzentrischen Phase der Übung auf.
- Experten gehen davon aus, dass die Überdehnung des Sarkomers die erste Schadensreaktion verursacht.
- Die Entzündungsreaktion verursacht oft eine sekundäre Muskelschädigung.
- Mittels Muskelbiopsie und Symptomquantifizierung kann der Muskelschaden bestimmt werden.
- Übliche Indikatoren für Muskelschäden sind:
 - Muskelkater
 - Ödeme
 - reduzierte Kraftproduktion
 - verringertes Bewegungsausmaß
 - CK-Spiegel und/oder Myoglobin
- Bewegung kann in extremen Fällen auch eine Belastungs-Rhabdomyolyse verursachen, die oft zu sekundären Schmerzen, Schwellungen und möglichen Endorganschäden führt.
- Fälle von Belastungs-Rhabdomyolyse sind typischerweise verbunden mit:
 - extreme Trainingsbelastung,
 - hohe thermische Belastungen,
 - Dehydrierung, oder
 - die Einnahme bestimmter Medikamente

- BFR-Training kann das Risiko einer Rhabdomyolyse erhöhen, da es die metabolische Belastung trotz niedriger Belastungen vergrößert.
- Einige vereinzelte Fallberichte haben in der Tat Vorkommen von Rhabdomyolyse mit BFR-RE beschrieben.
- Das Risiko einer Rhabdomyolyse mit BFR-RE bleibt jedoch sehr gering (0,07-0,2 %).
- Auch das Kaatsu-Training hat eine ähnlich geringe Rhabdomyolyse-Inzidenz (0,008 %).
- Die aktuelle Datenlage deutet nicht darauf hin, dass das Risiko einer Rhabdomyolyse bei BFR-RE höher ist als bei traditionellem Training.
- Eine häufige Befürchtung: Die Anwendung von BFR kann zu Muskelschäden durch ischämische Reperfusionsschäden führen oder diese sogar verstärken.
- BFR mit Muskelkontraktionsübungen kann das Risiko einer Muskelschädigung erhöhen.
- Es wird berichtet, dass BFR mit LL-RE den Muskelkater in den Tagen nach dem Training über den Ausgangswert hinaus verstärkt.
- BFR-RE verursacht Veränderungen in der Drehmomentproduktion und Muskelödeme; diese Veränderungen kehren jedoch in der Regel nach 24-48 Stunden zum Ausgangswert zurück.
- Studien, die Veränderungen des Bewegungsumfangs mit BFR-RE untersuchten, fanden keine Unterschiede im Zeitverlauf.

ZUSAMMENFASSUNG

- BFR-RE scheint bei einzelnen Übungsprotokollen von bis zu 5 Sätzen bis zum willentlichen Versagen keine Muskelschäden zu verursachen.
- Therapeuten sollten bei der Aufnahme von Personen in das Trainingsprogramm wachsam sein.
- Es sollten indirekte Marker verwendet werden, um diejenigen zu identifizieren, die anfälliger für Muskelschäden sind.
- Die Auswirkungen der Anwendung eines relativen Drucks sind derzeit noch unbekannt.
- Aktuelle Erkenntnisse deuten auf keine offensichtlichen Muskelschäden bei anstrengendem, hochfrequentem BFR-Training über 1-3 Wochen (1-2 Einheiten/Woche) hin.
- Es bleibt unbekannt, ob BFR mit aerobem Training niedriger Intensität eine Schadensreaktion hervorrufen kann.

REFERENZEN

Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C. and Patterson, S.D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis (zu Deutsch: Training zur Einschränkung des Blutflusses in der klinischen muskuloskelettalen Rehabilitation: eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse). *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), pp.1003–1011.

Ganesan, G., Cotter, J.A., Reuland, W., Cerussi, A.E., Tromberg, B.J. and Galassetti, P. (2015). Effect of blood flow restriction on tissue oxygenation during knee extension.

Medicine and Science in Sports and Exercise (zu Deutsch: Auswirkung einer Blutflussbeschränkung auf die Gewebeoxygenierung während der Kniestreckung.

Medizin und Wissenschaft in Sport und Bewegung), [online] 47(1), pp.185–193.

Zugänglich unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24870580/> [Zugriff am 27. Aug. 2020].

BEAR GRIP 

