

Blood Flow Restriction Training nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Stefan Pröger, Eduard Kurz, Kay Brehme, Martin Pyschik, René Schwesig, Thomas Bartels

„Mehr Gewicht“; „Training bis zur Erschöpfung“; „immer wieder neue Reize“ – Schlagworte, die man häufig hört, wenn man danach fragt, wie ein optimales Training aussehen soll. Doch welche Methode ist nun die beste, um effektiv Muskulatur und Kraft aufzubauen? Blood Flow Restriction Training eröffnet in diesem Kontext neue Perspektiven. Es verspricht schnellen Erfolg mit geringerem Aufwand. Gibt es berechtigte Hoffnung, dass man mit Okklusionstraining nach Operationen früher wieder fit wird als mit anderen Methoden? Die Antwort ist nicht ganz einfach.

Was ist Blood Flow Restriction Training?

Blood Flow Restriction (BFR) ist die absichtlich herbeigeführte Einschränkung des Blutflusses durch die zirkuläre Kompression einer Extremität. Dabei wird angestrebt, den venösen Rückfluss vorübergehend zu unterbrechen, während der arterielle Zustrom vermindert wird. Ein Training unter solchen Bedingungen heißt BFR- oder Okklusionstraining.

In der Regel erfolgt die Einschränkung des Blutflusses mithilfe einer pneumatischen Manschette, deren Volumen wie bei einer Blutdruckmanschette dosiert verändert werden kann. Manche trainieren auch unter Zuhilfenahme elastischer Bänder oder Bandagen, was aufgrund der unkontrollierten Kompression aber nicht zu empfehlen ist. Wir verwenden bei der Behandlung der unteren Extremität eine 15 cm breite Manschette der Firma VBM und arbeiten mit einem Druck von 150 mmHg (Manometer bis 600 mmHg).

Hintergrund

Belastungsvorgaben im Anschluss an operative Eingriffe an der unteren Extremität führen unweigerlich zu Muskelatrophien – in den entlasteten Regionen und darüber hinaus. Nach einer vorderen Kreuzbandplastik z. B. sind auch 6 Monate nach der Operation noch Defizite bis zu 20 % auf der betroffenen Seite nachweisbar [2]. Hinzu kommt die erschwerte willkürliche Ansteuerung der Muskulatur. Darüber hinaus können auch Schmerzen unter Belastung ein Grund sein, warum ein effizientes Training postoperativ nicht möglich ist.

ZUR GESCHICHTE

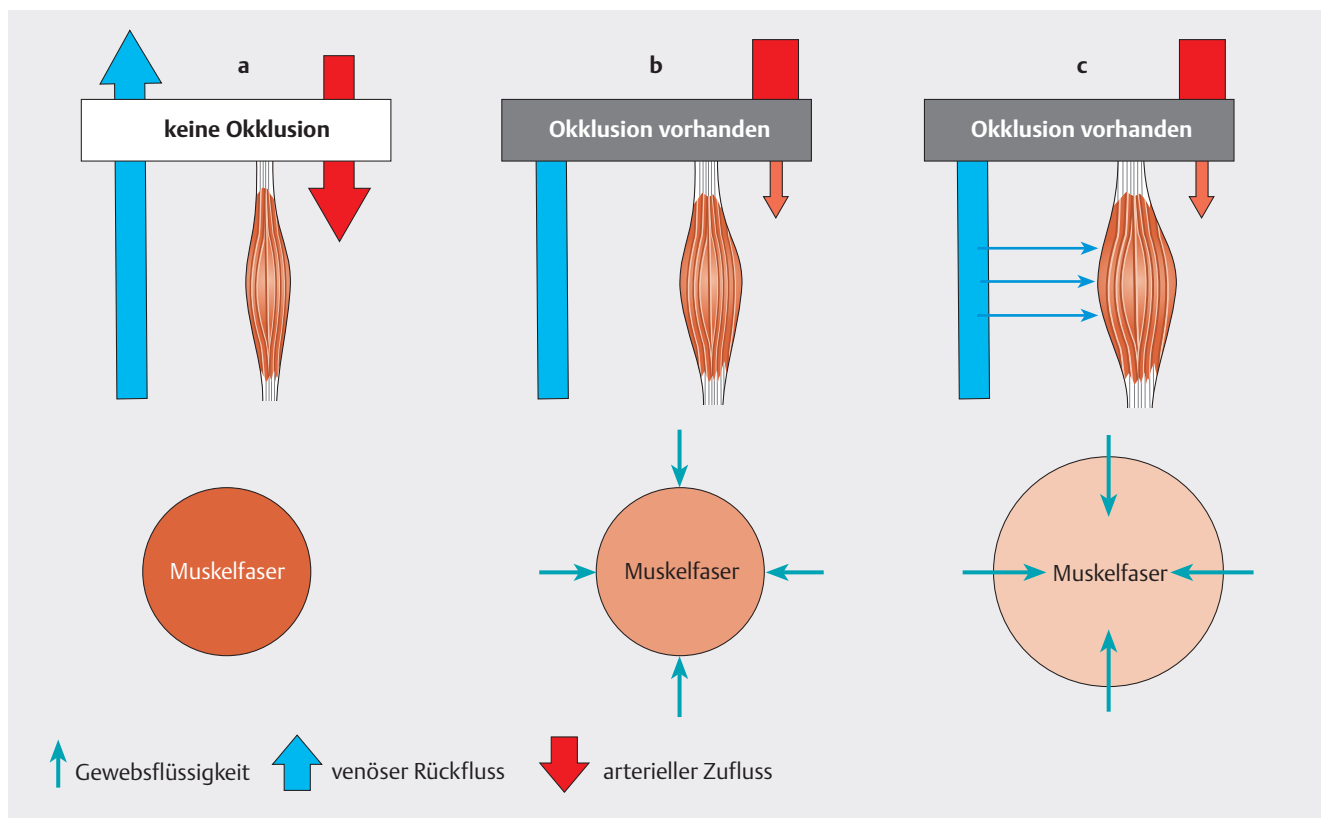
Entwickelt wurde das BFR-Training von Yoshiaki Sato in den 1970er Jahren. Der japanische Arzt wollte wegen des demografischen Wandels in Japan eine alternative Krafttrainingsmethode etablieren, die gelenkschonend und gleichzeitig muskulär effektiv ist. Seine Methode nannte er „KAATSU“-Training, wobei KAATSU (japan.) für „zusätzlichen Druck“ steht [1]. Mit der Zeit hat sich diese Trainingsform auch im Bereich des Bodybuildings und der Fitness-Szene ausgebreitet, während der Nutzen für die Rehabilitation erst in jüngerer Zeit erkannt wurde.

BFR-Training kann in solchen Fällen eine sinnvolle Option sein, der Atrophie und den Schmerzen entgegenzuwirken, weil es mit geringerer Intensität und weniger Belastung stattfindet. Eine Studie von Tennent et al. [3] hat dies für Patienten nach einer Kniearthroskopie gezeigt. Weiterhin konnten positive Wirkungen des Okklusionstrainings auch bei Gehinterventionen von jungen [4] und älteren Menschen [5][6] belegt werden.

Was passiert beim BFR-Training?

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Studien veröffentlicht, die sich mit der Wirkungsweise des BFR-Trainings beschäftigen. Bis heute wurden aber noch nicht alle Mechanismen entschlüsselt, die diese Wirkungsweise zu 100 % erklären können.

Das grundlegende Prinzip besteht darin, dass durch das Anlegen und das Aufpumpen der Manschetten auf einen



► **Abb. 1** Schematische Darstellung der Effekte eines BFR-Trainings auf die Muskelfaser und den Blutfluss (nach Jessee et al. 2018[8]). (a) keine Okklusion (keine Erhöhung des Drucks durch die Manschette): keine Auswirkungen auf Blutfluss und Muskelfaser. (b) Bei einer Erhöhung des Drucks durch Aufpumpen der Manschette wird der arterielle Zufluss vermindert und der venöse Rückfluss unterbunden – das Blut staut sich direkt unterhalb der Manschette. (c) Bei einer anhaltenden Okklusion entsteht ein Blutstau weiter distal der Manschette – dadurch erhöhen sich der hydrostatische und der osmotische Gradient, es kommt zur Einlagerung von Gewebsflüssigkeit im Muskel, was zum Anschwellen der Zellen und zu einer gesteigerten Proteinsynthese führt. (Quelle: Thieme Gruppe)

vorher definierten Druck der arterielle Zufluss minimiert und der venöse Rückfluss unterbunden wird. Trainiert der Sportler nun unter den genannten Bedingungen, kommt es zu einer Muskelhypertrophie. Es wird angenommen, dass es dabei zu einem Anschwellen der Muskelzellen kommt (► **Abb. 1a–c**). Weiterhin entsteht, wie in ► **Abb. 1** dargestellt, ein Überschuss an Proteinen. Dieser resultiert aus einer Erhöhung der Muskelproteinsynthese und einem Absenken des Muskelproteinabbaus [7].

Bei der Ausführung des BFR-Trainings entstehen außerdem zahlreiche metabolische Abfallstoffe bzw. Nebenprodukte, die möglicherweise eine direkte Vermehrung der Muskelmasse aufgrund der Stimulation anaboler Hormone veranlassen [9]. Des Weiteren werden Wachstumshormone (GH) ausgeschüttet, die ein direktes Muskelwachstum zur Folge haben [8]. Die systematische Hormonantwort, speziell der Wachstumshormone, ist bei einem Training mit BFR ähnlich der, wenn mit hohen Gewichten ohne BFR trainiert werden würde [10]. Mit zunehmender Dauer der Okklusion geht die Muskulatur eine Sauerstoffschuld ein, was wiederum zu einer Anhäufung von metabolischen Nebenprodukten führt und eine Ermüdung der aktiven Fasern der Muskulatur zur Folge hat. Daraufhin kommt es zur ver-

mehrten Aktivierung noch nicht zugeschalteter motorischer Einheiten[8].

In der Literatur werden noch zahlreiche weitere Mechanismen beschrieben, wie es aufgrund von BFR zu einem Muskelwachstum kommen kann: vermehrte Testosteronausschüttung, reaktive Sauerstoffspezies (ROS) etc. Es konnte jedoch noch keine Hypothese endgültig bestätigt werden.

Vorteile

Der Vorteil des BFR-Trainings gegenüber anderen Trainingsmethoden ist die hohe Effizienz. Anders als beim herkömmlichen Krafttraining genügen wesentlich geringere Trainingsintensitäten, um einen spürbaren Kraftzuwachs zu erzielen.

In der Trainingslehre empfiehlt man für ein effektives Training zum Aufbau der Muskulatur eine Intensität von 60–80 % des Einwiederholungsmaximums (1RM = One Repetition Maximum) bzw. der maximalen willkürlichen Kontraktion (MVC = Maximum Voluntary Contraction) [11]. Dies ist in der Frührehabilitation von Patienten, z. B. nach vorderer Kreuzbandplastik, meist nicht realisierbar. Man

muss in dieser Phase mit deutlich niedrigeren Lasten trainieren. Aufgrund dieser Umstände bietet sich das BFR-Training für die frühe Rehabilitation nach Verletzungen und Operationen an – neben der Anwendung bei Gesunden und Athleten [12].

Als gelenkschonendes, effizientes Krafttraining hat BFR-Training nahezu die gleichen Vorteile wie konventionelles Krafttraining mit Intensitäten von 70% des 1RM, es genügen aber bereits Intensitäten von ca. 30% des 1RM [13][14][15][16].

Die Unterbindung der Blutzufuhr kann im Prinzip von jedem Sportler oder Patienten durchgeführt werden. Hinzu kommt als weiterer Vorteil der Zeitfaktor: Die größten Effekte wurden bei 2- bis 3-maligem Training pro Woche festgestellt. Eine höhere Anzahl hätte aufgrund der benötigten Regenerationszeit einen gegenteiligen Effekt. Die Zeit pro Trainingseinheit ist mit ca. 10–15 Minuten vergleichsweise gering [13].

Einschränkungen

Es hat sich gezeigt, dass BFR-Training eine effektive Methode zur Verbesserung der neuromuskulären Adaptation in einer Vielzahl von Populationen (Athleten, Patienten, Senioren etc.) ist. Der Umstand jedoch, dass lediglich die Extremitäten trainiert werden können, nicht aber der Rumpf, könnte man als Nachteil bezeichnen. Dennoch ist die Effektivität nachgewiesen.

Zwischen den durchgeführten Studien gab es enorme Unterschiede. Einige Autoren verwendeten bei ihren Studien Original-„KAATSU“-Manschetten, welche lediglich 5 cm breit sind [17][18]. Andere wiederum benutzen breitere Manschetten (12–18,5 cm) [12][19]. Ein weiterer Unterschied besteht im Material, welches für die Manschetten verwendet wird (Blutdruckmanschetten, elastische Bänder etc.).

Es ist unter Berücksichtigung der aktuellen Studienlage schwierig, genauere Aussagen zur Trainingssteuerung und Handhabung mit BFR-Training zu machen.

Weiterhin geben die Autoren nicht vor, in welchen Druckbereichen trainiert werden soll, da dieser Aspekt auch stark von der Beschaffenheit und der Breite der Manschette abhängig ist. Wieder andere Autoren orientieren sich

am systolischen (1,3-fach des systolischen Blutdrucks) oder am suprasystolischen (> 200 mmHg) Blutdruck [14].

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass das Training mit BFR vor allem im Bereich der Rehabilitation eine gute Alternative zu einem herkömmlichen Krafttraining darstellt.

Erfahrungen der Sportklinik Halle mit BFR-Training

Die folgenden Übungen werden in unserer Klinik täglich bei Patienten nach vorderer Kreuzbandplastik und anderen Knieoperationen angewendet. Im Einzelfall können einzelne Übungen infolge individueller Voraussetzungen oder Kontraindikationen entfallen oder erst zu einem späteren Zeitpunkt innerhalb der Rehabilitation durchgeführt werden.

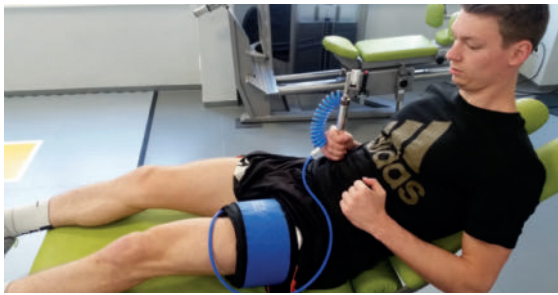
Postoperative Anbahnung und Aktivierung

Je nach Verletzung und Operation ist es schwierig, für die Anbahnung der willkürlichen Quadrizepsanspannung eine geeignete Trainingsmethode zu finden. Während nach einer Meniskusnaht eine Orthese gewährleistet, dass das Kniegelenk nicht über 90° flektiert wird, tragen Betroffene nach einer Innenbandverletzung eine Orthese mit eingeschränkter Extension, weil die Streckung des Kniegelenks zunächst kontraindiziert ist. Trotzdem sollte versucht werden, Patienten postoperativ so schnell wie möglich die willkürliche Anspannung des Quadrizeps zu vermitteln. Der Vorteil des Trainings unter Einschränkung des Blutflusses ist in diesem Fall, dass der drohenden Atrophie der Oberschenkelmuskulatur trotz der operationsbedingten Einschränkungen besser entgegengewirkt werden kann.

Nach dem Zug der Drainage, meist am ersten postoperativen Tag, kann mit dem BFR-Training begonnen werden. Die Patienten bekommen die Manschette so weit wie möglich proximal am operierten Bein angelegt (► **Abb. 2**). Der Druck variiert zwischen 130 und 150 mmHg, je nach Verträglichkeit. Die Trainingszeit beträgt pro Durchgang 5 Minuten. Dabei wird der Druck konstant gehalten, und die Patienten versuchen, 10 Sekunden den M. quadriceps femoris isometrisch anzuspannen, gefolgt von 20 Sekunden Pause. Nach Ablauf der 5 Minuten wird der Druck gelöst, und es folgt eine 3-minütige Pause. Insgesamt werden 3 Durchgänge absolviert. Als Trainingsempfehlung geben wir 2 Einheiten pro Tag an. Dieses Prozedere wird so lange absolviert, bis mit herkömmlichen aktiven Rehabilitationsmaßnahmen begonnen werden kann.

Knieextension ohne bzw. mit einer distal angebrachten Gewichtsmanschette

Bei dieser Übung sitzt der Trainierende aufrecht auf einem Stuhl oder Hocker. Die unilateral proximal am Oberschenkel angelegte Manschette wird auf 150 mmHg aufgepumpt. Aus dieser Position wird das Kniegelenk gestreckt,



► **Abb. 2** Anlage der Manschette im Sitz mit gestrecktem Bein. (Quelle: Sportklinik Halle)



► **Abb. 3** Knieextension mit Gewichtsmanschette am distalen Unterschenkel (a). Das Kniegelenk wird mit proximal am Oberschenkel angelegter Kompressionsmanschette aus einer flektierten Position gestreckt und in Extension gehalten (b). (Quelle: Sportklinik Halle)



► **Abb. 4** Auf der Beinpresse drückt sich der Patient aus der Knieflexion (a) in die Extension (b). Die Manschette wird proximal am Oberschenkel angelegt. (Quelle: Sportklinik Halle)

gehalten und wieder gebeugt. Dabei ist eine gleichmäßige Übungsausführung wichtig (jeweils ca. 2–3 Sekunden Extension, Haltearbeit und Flexion). Die Gesamtzeit der Übungseinheit beträgt wiederum 5 Minuten mit einer 3-minütigen Pause. Insgesamt werden 3–5 Durchgänge absolviert.

Die Übung kann auch mit Zusatzgewicht durchgeführt werden, sofern aufgrund der durchgeführten Operation keine Kontraindikation hierfür besteht (z. B. keine offene Kette innerhalb der ersten 6 Monate bei Kreuzbandpatienten). Hierfür wird am trainierenden Bein eine Gewichtsmanschette oberhalb des Sprunggelenks angelegt (► **Abb. 3**).

Beinpresse

Die Übung wird unilateral im Liegen ausgeführt (► **Abb. 4**), kann aber auch im Sitzen erfolgen. Trainiert wird in der Regel die vollständige Streckung des gesamten Beines. Das Hauptaugenmerk kann bei dieser Variante allerdings auch auf die Exzentrik gelegt werden.

Die Durchführung ist vom Ablauf her sehr einfach: 30 Sekunden Belastung, 30 Sekunden Pause, 3–5 Durchgänge, Druck der Manschette bei 150 mmHg. Die dabei einzustellende Last hängt primär von der Belastbarkeit des Patienten ab. Frauen tolerieren ein Gewicht zwischen 20 und 30 kg, während die Lasten bei Männern in etwa um 20 kg höher liegen. Das entspricht deutlich geringeren Belastungen als den in der Literatur angegebenen (20–30% 1RM).

Ab der 3. postoperativen Woche nach einer Kreuzbandplastik kann mit dem Training auf der Beinpresse begonnen werden. Allerdings ist es hierbei wichtig, dass der Kniegelenkwinkel zwischen 30–80° liegt, da sonst die Last auf das Transplantat zu groß wäre. Ab der 6. postoperativen Woche ist der einzustellende Winkel nicht mehr limitiert.

Bei uns in der Klinik hat sich die oben beschriebene Methode gut bewährt. Sie wird von den Trainierenden als anstrengend-effektiv empfunden. Häufig kann man beobachten, dass in den letzten beiden Durchgängen die Anzahl der innerhalb von 30 Sekunden realisierbaren Wiederholungen aufgrund der muskulären Ermüdung abnimmt.

Ein wie in der Literatur vorgeschlagenes Modell mit 75 Wiederholungen (30–15–15–15) [20] können wir an dieser Stelle nicht empfehlen, da dies in eigenen Versuchen nicht umzusetzen war.

Squats/Lunges

Als Übungen gegen die Schwerkraft können Squats (Kniebeugen) (► **Abb. 5**), Split-Squats oder auch Lunges (Ausfallschritte) (► **Abb. 6**) mit bilateraler Anlage der Manschetten eingesetzt werden. Dabei werden kontinuierlich Kniebeugen bzw. Ausfallschritte (meist mit Zusatzlast in Form einer Hantelstange ohne zusätzliches Gewicht) für

5 Minuten mit anschließender 3-minütiger Pause absolviert. Hier sind wiederum 3–5 Durchgänge vorgegeben.

Fahrradergometer

Sobald der Sportler bzw. Patient sein Kniegelenk mindestens 100–110° flektieren kann (somit direkt im Anschluss an eine Operation nicht möglich), beginnen wir mit dem BFR-Training auf dem Fahrradergometer (laut Nachbehandlungsschema 6 Wochen postoperativ). Dabei legen wir die Manschetten bilateral an (► **Abb. 7**). Den Druck stellen wir gleichzeitig beidseits auf 150 mmHg ein. Die Trainingszeit beträgt 5 Minuten mit anschließender 3-minütiger Regeneration bzw. Pause. Insgesamt werden 3–5 Durchgänge absolviert.

Schwieriger als die Gestaltung des Trainingsumfangs gestaltet sich die Einstellung des Trainingswiderstandes, weil es dafür nach unserem Wissen keine klaren Vorgaben gibt und spezifische Tests postoperativ nicht ohne Weiteres möglich sind. Bei Untrainierten beginnen wir in der Regel bei 40 bis maximal 80 Watt, Sportler schaffen mitunter bis zu 150 Watt (Beginn bei 90–100 Watt) bei 70–80 Umdrehungen pro Minute. Kann der Patient die geforderte Trittfrequenz nicht halten, muss der Widerstand vermindert werden. Erfahrungsgemäß toleriert der Großteil der Trainierenden mit jeder BFR-Einheit eine höhere Intensität.

Leg Extension (Beinstrecker) und Prone Leg Curl (Beinbeuger)

Das Training der Knieextensoren im Beinstrecker (Leg Extension) wird im Sitzen durchgeführt (► **Abb. 8**). Die Knieflexoren trainiert man bevorzugt mit Prone Leg Curls (► **Abb. 9**), das Training kann aber auch im Sitzen durchgeführt werden. Leg Extensions werden nach dem Nachbehandlungsschema der Sportklinik Halle in der offenen Kette erst 6 Monate postoperativ durchgeführt, Prone Leg Curls bereits nach 6 Wochen (► **Tab. 1**).

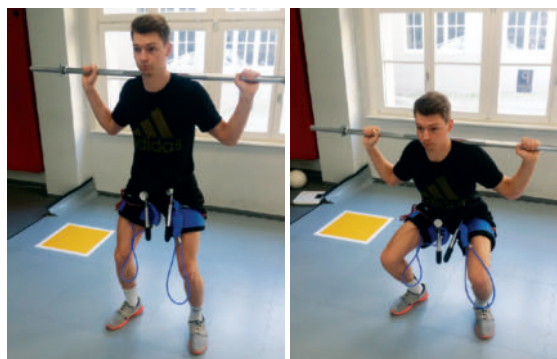
Der Ablauf des Trainings ist derselbe wie bei der Beinpresse, wobei der Widerstand deutlich niedriger gewählt wird. Frauen können mit Lasten von 6–15 kg, Männer von 12–28 kg trainieren.

PATELLASPITZENSYNDROM

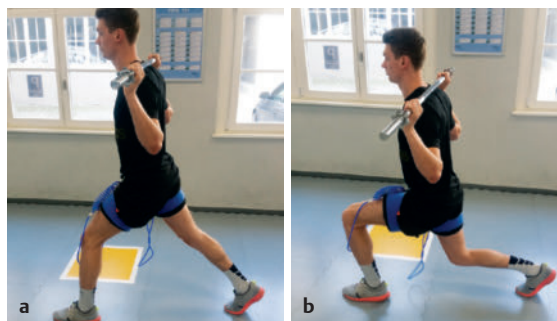
Eine weitere Indikation für das BFR-Training ist die Anwendung bei Patellaspitzensyndrom. Zur Schmerzreduktion empfiehlt sich ein Training der Quadrizepsmuskulatur mit Leg Extensions. Erfolgt dies als BFR-Training mit einer deutlich reduzierten Last, wird das von Patienten gut toleriert.

Tappings

Mithilfe der Durchführung sog. Tappings (schnelles Treten auf der Stelle) können mögliche koordinative Schwächen aufgedeckt und eine frühzeitige Ermüdung des neu-



► **Abb. 5** Kniebeuge (Squat) mit beidseitig angelegten Manschetten und Zusatzgewicht. (Quelle: Sportklinik Halle)



► **Abb. 6** Split-Squat mit beidseitig angelegten Manschetten und Zusatzgewicht. **a** Ausgangsstellung. **b** Endstellung. (Quelle: Sportklinik Halle)



► **Abb. 7** Training auf dem Fahrradergometer mit bilateraler Anlage der Manschetten. (Quelle: Sportklinik Halle)

► **Tab. 1** Übersicht über die Vorgehensweise der vorgestellten Trainingsformen nach dem Nachbehandlungsschema der Sportklinik Halle – die beschriebenen Trainingsempfehlungen beziehen sich auf eine isolierte vordere Kreuzbandruptur nach Rekonstruktion

| Übung | Anlage | Druck [mmHg] | Belastung [Minuten] | Pause [Minuten] | Sätze | Empfehlung nach VKB-Plastik |
|---|------------|--------------|---------------------|-----------------|-------|--|
| Postoperative Anbahnung und Aktivierung | unilateral | 130–150 | 5 | 3 | 3 | sofort |
| Knieextension im Sitzen | unilateral | 150 | 5 | 3 | 3–5 | sofort ohne Gewicht/mit distal angelegtem Gewicht 6 Monate |
| Beinpresse im Liegen | unilateral | 150 | 5 | 3 | 3–5 | 6 Wochen |
| Squat/Split-Squat/Lunge | bilateral | 150 | 5 | 3 | 3–5 | 6 Wochen |
| Fahrradergometer | bilateral | 150 | 5 | 3 | 3–5 | 6 Wochen |
| Leg Extension/Prone Leg Curl | unilateral | 150 | 5 | 3 | 3–5 | 6 Monate/6 Wochen |
| Tappings | bilateral | 150 | 5 | 3 | 3–4 | 2 Monate |



► **Abb. 8** Leg Extension – Training der Knieextensoren mit unilateraler Anlage der Manschette, sitzende Ausführung. (Quelle: Sportklinik Halle)



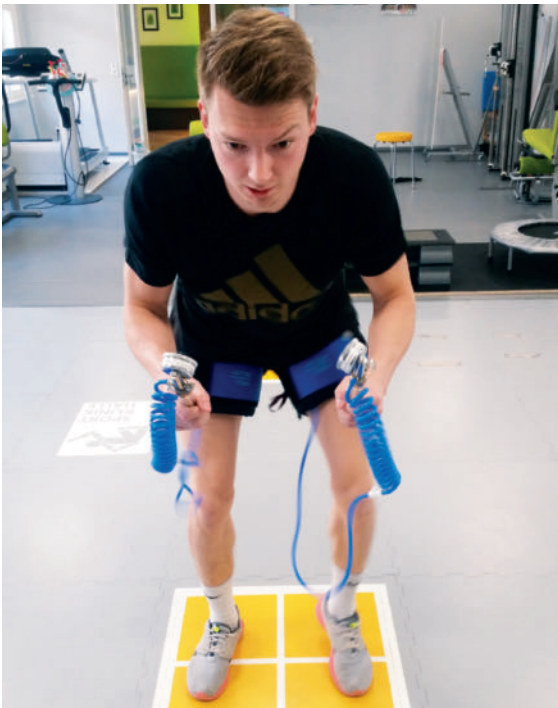
► **Abb. 9** Prone Leg Curl – Training der Knieflexoren mit unilateraler Anlage der Manschette in Bauchlage. **a** Ausgangsstellung, **b** Endstellung. (Quelle: Sportklinik Halle)

romuskulären Systems kann erkannt werden. Tappings (► **Abb. 10**) dienen in diesem Fall dem Training der Frequenzschnelligkeit und sollten im Anschluss an die Rehabilitation nach einer VKB-Ruptur optimal ausgeprägt sein. Im Leistungssport geht es oft um die Schnelligkeit auf den ersten Metern (Antritte im Fußball) und im Verletzungsfall um die adäquate Ansteuerung der Fast-Twitch-(FT-) bzw. Typ-2-Fasern. Diese degenerieren nach Verletzungen sehr schnell und können durch ein gezieltes Schnelligkeitstraining wieder angesteuert werden.

Ob das Trainieren von Tappings in Verbindung mit BFR effektiver ist als ohne, lässt sich derzeit noch nicht belegen. Dazu laufen aktuell interne Versuchsreihen, um mögliche Effekte nachzuweisen.

Das Training wird wiederum mit bilateraler Anlage der Manschetten absolviert. Der Druck ist wie bei den anderen Trainingsmethoden auf 150 mmHg festgelegt, wird z. T. aber auch variiert, um unterschiedliche Effekte nachweisen zu können.

Die vorgegebene Gesamtzeit beträgt erneut 5 Minuten, wobei es nur einer kleinen Anzahl an Probanden bisher gelungen ist, diese Zeit mit qualitativ gut durchgeführten Tappings zu beenden. Zumeist werden 3–4 Durchgänge toleriert. Jeder Durchgang gliedert sich in 10 Sekunden Belastung (Tappings) und 20 Sekunden Pause. Zwischen jeder Runde wird eine Pause von 3 Minuten empfohlen.



► **Abb. 10** Tappings mit bilateraler Anlage der Manschetten; Ausführung in athletischer Position. (Quelle: Sportklinik Halle)

Übersicht

► **Tab. 1** stellt eine Übersicht der oben beschriebenen Übungen dar. Diese Vorgehensweise ist in der Sportklinik Halle nach einer vorderen Kreuzbandplastik üblich.

TAKE HOME MESSAGE

BFR-Training eignet sich aufgrund der verminderten Lasten und der hohen Effizienz gut für das postoperative Training der Extremitäten. In der Sportklinik Halle haben wir damit gute Erfahrungen gemacht. Bei täglich Trainierenden ist die Integration des BFR sehr einfach zu gestalten. In der „normalen“ Physiotherapie ist ein Training mit BFR aus unserer Sicht vor allem bei der Therapie muskuloskeletaler Erkrankungen sinnvoll.

Grundsätzlich ist der Einsatz der verschiedenen Trainingsformen abhängig von der jeweiligen Indikation, der Athletik, der Relevanz und auch der zur Verfügung stehenden Zeit. Wissenschaftlich konnte die Wirkung des BFR-Trainings weitgehend belegt werden, auch wenn nicht alle Mechanismen erklärt werden können.

Für uns bietet das BFR vielfältige Möglichkeiten zur effektiven Konditionierung der Muskulatur. Ideal wäre ein Goldstandard hinsichtlich der Beschaffenheit der Materialien und der Trainingssteuerung. Diesbezüglich sind die Evidenzen in der Literatur noch zu inkonsistent.

Autorinnen/Autoren



Stefan Pröger

Stefan Pröger, MSc Sportwissenschaft, ist seit 2013 in der Sportklinik Halle tätig und vor allem für die Betreuung des postoperativen Patientenkontexts verantwortlich. Als TRX Group Instructor und SpeedCoach trainiert und rehabilitiert er die regionalen und überregionalen Leistungssportler in der Sporttherapie. Weiterhin liegt sein Schwerpunkt in der experimentellen Forschung vor allem bei Kreuzbandpatienten.



Eduard Kurz

Eduard Kurz, Diplom-Sportwissenschaftler, ist seit 2004 als Sporttherapeut und Athletiktrainer tätig. Aktuell ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Experimentelle Orthopädie & Sportmedizin am Department für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums in Halle. Am OSINSTITUT ist er Dozent und Leiter des Forschungsbereichs.



Kay Brehme

Dr. med. Kay Brehme ist seit 2010 in der Sportklinik Halle tätig. Seit dem Jahr 2006 ist er AGA-Instruktor für Arthroskopie. Sein Schwerpunkt liegt in der Sportmedizin. Er ist spezialisiert auf die operative Versorgung des Sprung- sowie Hüftgelenkes und der HTOs (Hohe Tibiaosteotomien). Weiterhin betreut er als Mannschaftsarzt die Wildcats – SV Union Halle Neustadt (1. Handball-Bundesliga der Frauen).



Martin Pyschik

Dr. med. Martin Pyschik arbeitet seit 2007 in der Sportklinik Halle. Seit 2004 ist er AGA Instruktor (Schweiz-Österreich-Deutschland) für Arthroskopie. Er ist spezialisiert auf die operative Versorgung des Schultergelenkes. Des Weiteren betreut er als Mannschaftsarzt den Dessau-Rosslauer Handballverein 06 (2. Handball-Bundesliga).



René Schwesig

Apl. Prof. Dr. René Schwesig leitet seit 2013 das Labor für Experimentelle Orthopädie und Sportmedizin im Department Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie (DOUW). Seine Forschungsschwerpunkte sind die Gleichgewichts- und Ganganalyse sowie die Leistungsdiagnostik in ausgewählten Teamsportarten (Fußball, Eishockey, Handball, Basketball). In diesem Zusammenhang sind die Test- und Geräteentwicklung und -evaluierung (Validität, Reliabilität, Referenzdaten) sowie der Transfer in die klinische und leistungssportliche Praxis wesentliche Inhalte seiner Arbeit.



Thomas Bartels

Dr. med. Thomas Bartels gründete im Jahre 1992 zusammen mit PD Dr. med. habil. Günter Hein die Sportklinik Halle. Seit 1993 ist er AGA Instruktor (Schweiz-Österreich-Deutschland) für Arthroskopie. Seine Spezialisierung ist die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes und er zählt seit 2017 zu Deutschlands Top-Medizinern (FOCUS). Des Weiteren betreut er als Mannschaftsarzt den Halleschen FC (3. Liga Fußball), sowie das Leichtathletikteam und die Fußballnationalmannschaft der Männer und Frauen Chinas.

Korrespondenzadresse

Stefan Pröger, MSc

Sportklinik Halle
Weidenplan 16–17
06108 Halle (Saale)
Tel.: 0345 2264 8063
E-Mail: stefan.proeger@sportklinik-halle.de

Literatur

- [1] Sato Y. The history and future of KAATSU training. *Int J KAATSU Train Res* 2005a; 1: 1–5.
- [2] Hughes L, Rosenblatt B, Paton B et al. Blood flow restriction training in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstructive surgery: Review. *Techniques in Orthopaedics* 2018 – Symposium. doi: 10.1136/bjsports-2016-097071
- [3] Tennent D, Hylden CM, Johnson AE et al. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: A randomized controlled pilot study. *Clin J Sport Med* 2016; 27: 245–252. doi:10.1097/JSM.0000000000000377
- [4] Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1460–1466. doi:10.1152/jappphysiol.01267.2005
- [5] Abe T, Sakamaki M, Fujita S et al. Effects of low-intensity walk training with restricted leg bloodflow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther* 2010; 33: 34–40.
- [6] Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T et al. 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* 66, 257–263. doi: 10.1093/gerona/glq182
- [7] Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* 1990; 69: 1442–1450. doi:10.1152/jappphysiol.1990.69.4.1442
- [8] Jessee MB, Mattocks KT, Buckner SL et al. Mechanisms of blood flow restriction: The new testament. *Tech Orthop* 2018; 33 (2): 72–79. doi:10.1249/JSR.0000000000000473
- [9] Liu Y, Vertommen D, Rider MH et al. Mammalian target of rapamycin-independent S6K1 and 4E-BP1 phosphorylation during contraction in rat skeletal muscle. *Cell Signal* 2013; 25: 1877–1886.
- [10] Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol* 2012c; 112: 2903–2912. doi:10.1007/s00421-011-2266-8
- [11] Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR et al. American College of Sports Medicine position stand. 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: 1334–1359. doi:10.1249/MSS.0b013e318213febf
- [12] Takada S, Okita K, Suga T et al. Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2012; 44: 413–419. doi:10.1249/MSS.0b013e31822f39b3
- [13] Loenneke J, Wilson JM, Marin PJ et al. Low intensity blood flow restriction training: A meta-analysis. *Eur J Appl Physiol* 2012a; 112: 1849–1859. doi:10.1007/s00421-011-2167-x
- [14] Loenneke J, Abe T, Wilson J et al. Blood flow restriction: An evidence based progressive model (Review). *Acta Physiol Hung* 2012b; 99: 235–250. doi:10.1556/APhysiol.99.2012.3.1
- [15] Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM et al. Exercise with blood flow restriction: An updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Med* 2014; 45: 313–325. doi:10.1007/s40279-014-0288-1
- [16] Slys J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2016; 19: 669–675. doi:10.1016/j.jsams.2015.09.005
- [17] Fahs CA, Rossow LM, Seo DI et al. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 2969–2975. doi:10.1007/s00421-011-1927-y
- [18] Fujita S, Abe T, Drummond MJ et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol* 2007; 103: 903–910. doi:10.1152/jappphysiol.00195.2007
- [19] Gorgey AS, Timmons MK, Dolbow DR et al. 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; 116: 1231–1244. doi:10.1007/s00421-016-3385-z
- [20] Scifers JR, Fuchs E, Kaplan G et al. Blood flow restriction. *Athletic Training & Sports Health Care* 2016; 8: 138–141. doi:10.3928/19425864-20160621-01

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0751-2350>
Sportphysio 2018; 6: 227–234
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 2196-5951