

MUNI
SPORT

Blood flow restriction (BFR)

Specifické formy tréninku

Co je BFR?

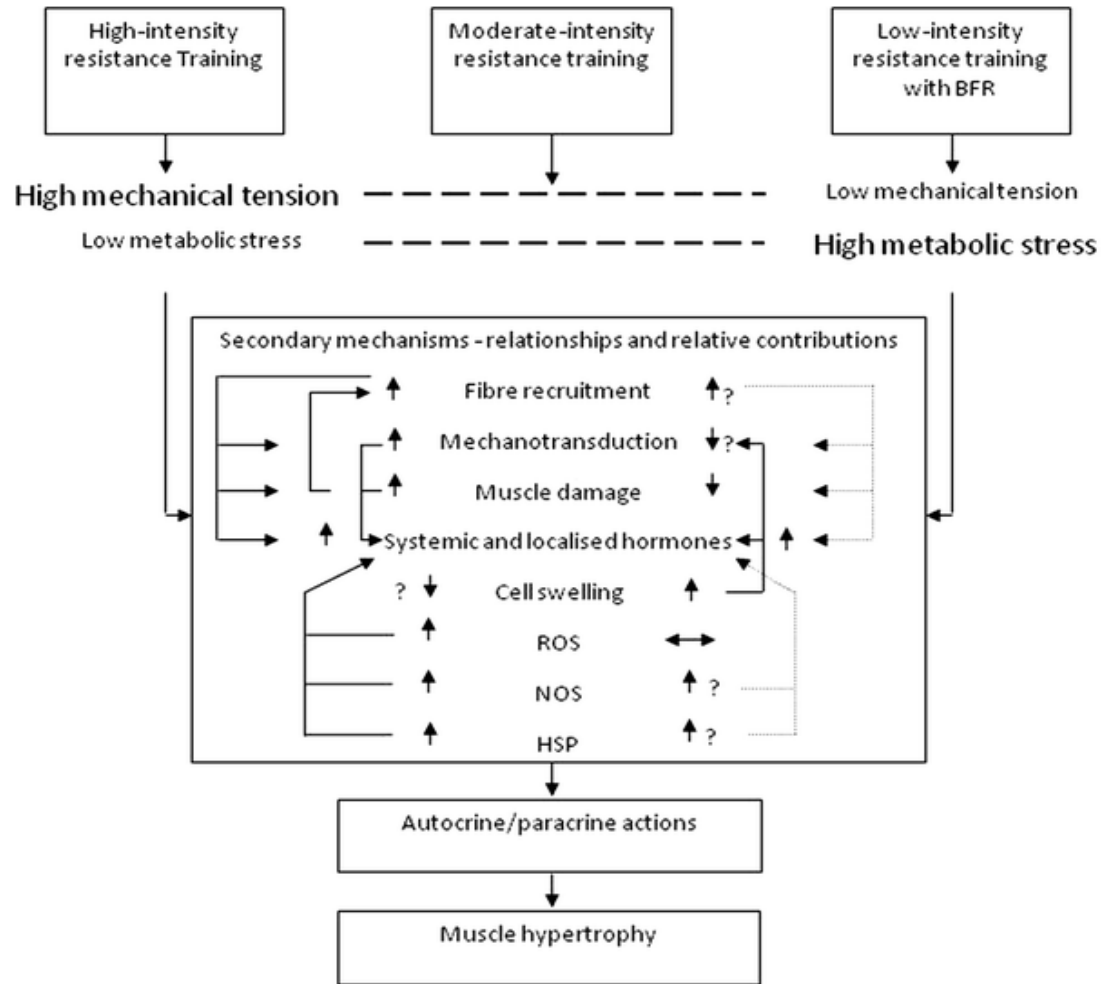
- Omezení (nikoli zamezení!) průtoku krve je tr. metoda, kdy při cvičení je částečně omezen přítok krve a omezen odtok v pracujících svaích
- Omezení krevního řečiště je proximálně od pracujícího svalu, typicky pomocí pneumatického škrtidla
- Dr. Sato v Japonsku – Kaatsu trénink („trénink s přidavným tlakem“)





- Aplikace vnější tlaku pomocí pneumatického škrtidla v nejproximálnější části DK/HK
- Nafukování manžety → mechanické stlačení cévního řečiště → zamezení žilního návratu
- Nedostatečné zásobení svalové tkáně O_2 (hypoxie) + hromadění krve v kapilárách okludovaných HK/DK → viditelné červené zbarvení kůže (erytém)
 - Je ovlivnitelné tlakem manžety
- Plus intramuskulární tlak pod manžetou během kontrakce
- V současnosti i evidence poukazuje na zvýšené množství aplikací BFR, ale není jednotnost v protokolech (tlak) a praktikách (vedoucí až k znecitlivnění)

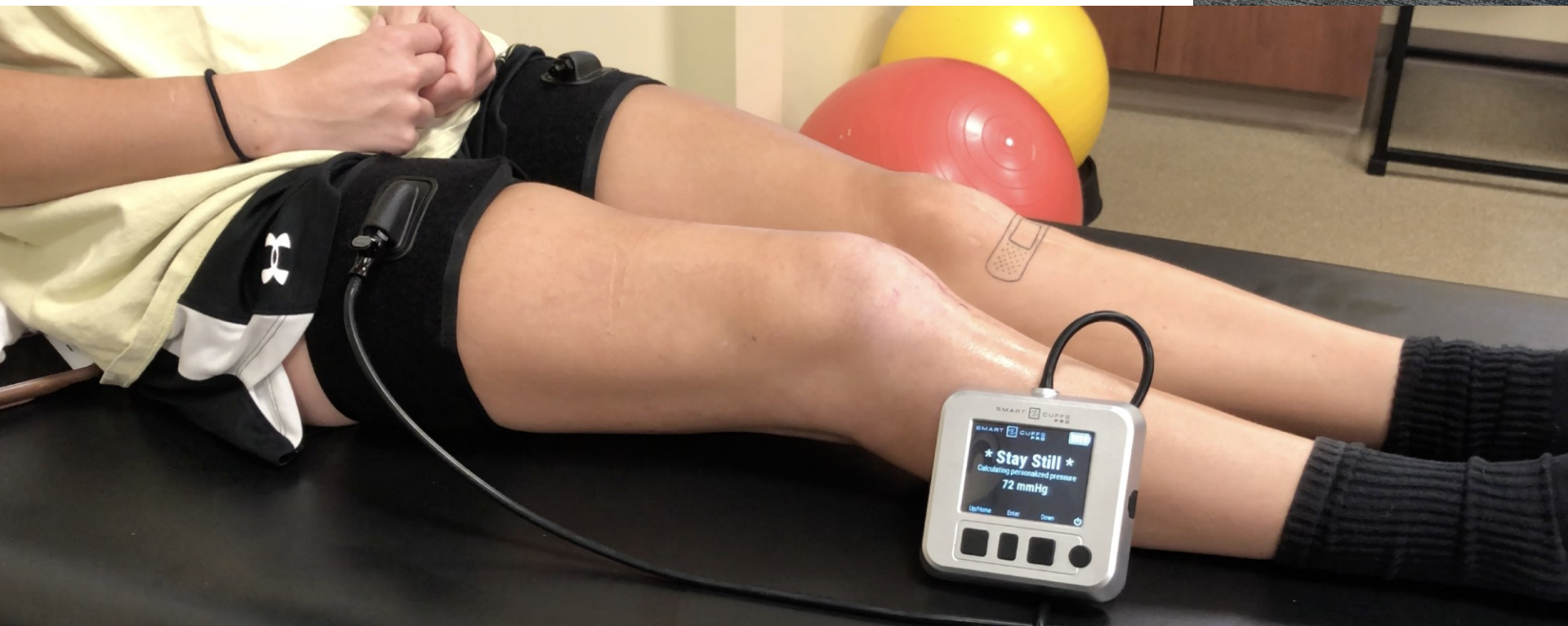
Mechanismy (Pearson et Hussain, 2015)



Arrows highlight potential degrees of activation of resultant intermediate secondary mechanisms and their possible relationships. Vertical arrows (↑) represent higher/lower degree of activation, horizontal arrows (↔) represent no effect, interconnecting arrows represent potential relationships between secondary mechanisms, dotted interconnecting arrows indicate equivocal relationships. BFR blood flow restriction, HSP heat shock proteins, NOS nitric oxide synthase, ROS reactive oxygen species

Aplikace BFR

- Při odporovém cvičení BFR-RE
- Aerobní cvičení BFR-AE
- Pasivně (bez cvičení) P-BFR
 - Ischemický pre conditioning (?↑ výkon) a post (? Rege)



Protokol BFR-RE

	Guidelines
Frequency	2–3 times a week (>3 weeks) or 1–2 times per day (1–3 weeks)
Load	20–40% 1RM
Restriction time	5–10 min per exercise (reperfusion between exercises)
Type	Small and large muscle groups (arms and legs/uni or bilateral)
Sets	2–4
Cuff	5 (small), 10 or 12 (medium), 17 or 18 cm (large)
Repetitions Pressure	(75 reps) – 30 × 15 × 15 × 15, or sets to failure 40–80% AOP
Rest between sets	30–60 s
Restriction form	Continuous or intermittent
Execution speed	1–2 s (concentric and eccentric)
Execution	Until concentric failure or when planned rep scheme is completed

Protokol BFR-AE

Guidelines

Frequency	2–3 times a week (> 3 weeks) or 1–2 times per day (1–3 weeks)
Intensity	<50% VO ₂ max or HRR
Restriction time	5–20 min per exercise
Type	Small and large muscle groups (arms and legs / uni or bilateral)
Sets Pressure	Continuous or intervals 40–80% AOP
Cuff	5 cm (small), 10 or 12 cm (medium), 17 or 18 cm (large)
Exercise mode	Cycling or walking

Protokol P-BFR

Guidelines

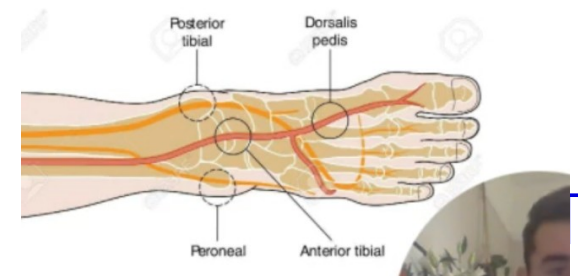
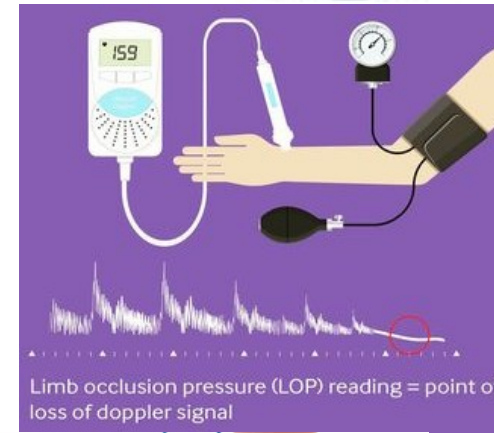
Frequency	1–2 times per day (duration of bed rest/immobilization)
Restriction time	5 min intervals
Type	Small and large muscle groups (arms and legs/uni or bilateral)
Sets	3–5
Cuff	5 (small), 10 or 12 (medium), 17 or 18 (large)
Rest between sets	3–5 min Uncertain – higher pressure may be needed (70–100% AOP)
Pressure	
Restriction form	Continuous

BFR-RE

- Evidence pro nárůst síly a hypertrofie potvrzují metaanalýzy u mladých, starých i rehabilitující populace
- BFR-RE > samotný LL-RE (low load)
- Výsledky adaptace signifikantní již po 1-3 týdnech v hypertrofii i síle, u HL-RE je to obdobné u síly, ale nikoli u hypertrofie
- BFR-RE umožňuje brzký přírůstek kosterní svalové hmoty; je však třeba poznamenat, že tento brzký svalový růst je pravděpodobně způsoben možností používat BFR-RE s vysokou tréninkovou frekvencí, což u HL-RE není vždy možné (kratší regenerace u BFR-RE)
- BFR-RE zlepšuje svalovou sílu ve srovnání se samotným LL-RE, ale obecně vykazuje menší nárůst svalové síly ve srovnání s HL-RE
- ačkoli přírůstky svalové síly pozorované při BFR-RE jsou ve srovnání s HL-RE nižší, BFR je účinnější než samotná LL-RE a lze ji použít v případech, kdy není vhodné používat HL-RE (např. pooperační rehabilitace, kardiální rehabilitace, zánětlivá onemocnění a křehcí starší lidé).
- nárůst svalové hmoty pomocí BFR-RE i HL-RE má stejnou účinnost

Tlak manžety

- tlak potřebný k zastavení průtoku krve končetinou = arteriální okluzní tlak (AOP)
- AOP ovlivňuje krevní tlak jedince, velikost končetiny, tvar, šířka a délka škrtidla
- Preskripce jako % AOP nebo % systolického KT (SbP)
- V absolutních číslech 50 až 300 mmHg
- Vyšší tlak může zvýšit kardiovaskulární odezvu a často vyvolává nepohodlí spojené s tímto typem cvičení
- doporučuje nastavovat tlak při cvičení BFR na základě měření AOP, přičemž tlaky v rozmezí 40 až 80 % AOP mají důkazy podporující jejich účinnost



Šíře manžety

- AOP je do značné míry určena šíří manžety - širší manžeta vyžaduje nižší tlak (větší plochou povrchu, na kterou byl tlak aplikován)
- literatuře se používá široká škála šířek manžet (3-18 cm) a nastavení dvou různě velkých manžet na stejný tlak může vést ke zcela odlišnému stupni BFR končetiny
- použití relativního tlaku 40 % AOP nevede k 40% snížení průtoku
- použití tlaku jako % AOP na tři různě velké manžety způsobuje podobnou změnu klidového průtoku krve (Mouser et al., 2017a).
- širší manžeta vyžaduje menší absolutní tlak k omezení průtoku krve při daném % AOP, ale že úzká manžeta nafouknutá na vyšší absolutní tlak (ale stejné % AOP jako široká manžeta) má podobné snížení průtoku krve
- se širší manžetou lze použít nižší tlaky, nemusí to nutně znamenat bezpečnější podnět, ale odráží to přirozenou schopnost každé velikosti manžety vyvíjet tlak přes vrstvy tkáně v končetině
- čím širší manžeta, tím nižší celkový tlak bude potřeba, nicméně použití extrémně širokých manžet může omezit pohyb během cvičení.

Materiál manžety

- V literatuře se běžně používají elastické i nylonové manžety
- nejsou k dispozici žádné důkazy, které by naznačovaly, že by jeden materiál manžety byl lepší než jiný



Zátěž, objem, odpočinek, frekvence

- Odpor mezi 20 a 40 % 1RM
- 30+(3x15) nebo 3x 0 RIR (ale ne vždy doporučenované)
- 30 až 60 sek odpočinek, cyklovaný tlak v pauze
- 2-3 TJ/týden, nebo vysokofrekvenční přístup 1-2 TJ/den až 3 týdny

BFR-AE

- Metaanalýzy prokázaly účinnost BFR-AE na zvýšení síly a hypertrofie u mladé a starší populace
- aplikaci BFR-AE obvykle chůze, nebo cyklistika
- Adaptace na sílu a hypertrofii kosterního svalstva byly prokázány již po 3 týdnech, ale neúčinnější jsou po nejméně 6 týdnech tréninku.
- Bylo prokázáno, že síla kosterního svalstva se po BFR-AE zvyšuje o 7-27 % a hypertrofie o 3-7 %
- Vedle těchto změn může BFR-AE vést také k významnému zlepšení aerobní kapacity u mladých, starých, a dokonce i trénovaných jedinců, ale ne vždy tomu tak je.
- Intenzity používané při BFR-AE jsou obecně nízké povahy a v některých případech nebyly standardizovány nebo byly realizovány s různou šířkou manžety a tlakem.
- Adaptace odhalují zlepšení VO₂max a potenciál pro větší aerobní adaptaci v důsledku akutní zvýšení proteinové signalizace, bylo také prokázáno u vysoce trénovaných sportovců při srovnání BFR-AE s odpovídající systémovou hypoxií.
- chybí standardizace tlaku během BFR-AE

Prevence ztráty svalové síly a atrofie

- Jiná strategie použití BFR spočívá v přiložení manžet na končetiny bez cvičení (tj. P-BFR).
- přerušovaná aplikace P-BFR může kompenzovat svalovou atrofii a úbytek síly během období klidu na lůžku nebo imobilizace
- P-BFR je podobná technika, jaká se provádí při ischemické prekondicionaci, tedy období ischemie následované obdobím reperfuze
- P-BFR protokol: 3-4 série (5 min restrikce + 3 min reperfuze) jednou nebo dvakrát denně a po dobu 1-8 týdnů. 50-260 mmHg
- se zdá, že relativně vysoké tlaky mohou poskytovat nejsilnější ochranné účinky proti atrofii u imobilních vzhledem k souvisejícímu úplnému uzavření průtoku krve
- BFR-ES (BFR+elektrostimulace)

Bezpečnost

□ Kardiovaskulární odpověď na BFR-RE

- Lokální kontrola vazomotorického tonu závisí na metabolických, mechanických a endoteliálních faktorech. Integrované reakce zvýšeného metabolického stresu, vnějšího stlačení arteriální stěny a střížného napětí endotelu omezují autonomní sympatickou kontrolu vazomotorického tonu, což nakonec vede k vyvážené úrovni vazodilatace v aktivním svalu, která zajišťuje adekvátní distribuci srdečního výdeje
- Jedinečnost BFR-RE vyplývá z externě působícího tlaku stlačujícího cévy a okolní měkké tkáně, který by mohl zprostředkovat změněnou kardiovaskulární reakci.

□ Centrální a periferní cévní odpověď na BFR-RE

- závisí na úrovni BFR, způsobu cvičení (tj. BFR-RE vs. BFR-AE) a aplikaci (tj. kontinuální vs. intermitentní BFR)
- během cvičení dochází ke zvýšení centrální kardiovaskulární odezvy, ta se akutně (5-10 min) po ukončení cvičení vrací na výchozí hodnotu.
- aplikovaný tlak zvyšuje HR, SbP, diastolický krevní tlak (DbP) nebo dvojnásobný součin ($HR \times SbP$) během klidových intervalů (kontinuální BFR) ve srovnání se stejným cvičením bez BFR

□ Žilní tromboembolie

□ Oxidační stres

- nezdá, že by přidání BFR k LL-RE zvyšovalo oxidační stres nebo antioxidační obranu, tvorba oxidačního stresu tedy může být spíše závislá na zátěži než na BFR

16

□ Poškození svalové tkáně - námahová rhabdomyolýza, ischemicko-reperfuzní poškození, svalový edém

Kontraindikace

https://www.ais.gov.au/data/assets/pdf_file/0005/995405/36119_Blood-flow-restrictions-questionnaire.pdf https://www.ais.gov.au/position_statements/best_practice_content/blood-flow-restriction-training-guidelines

- Závažné chronické srdeční onemocnění
- Neléčený diabetes 1. nebo 2. typu - trénink BFR by se neměl používat u pacientů s glykemií > 250 mg/dl spojenou s diabetickou retinopatií a diabetickou ketoacidózou.
- Onemocnění ledvin
- Současná léčba rakoviny nebo jste nedávno ukončili léčbu rakoviny.
- Neléčený vysoký krevní tlak >140/100
- Problémy se srážlivostí krve nebo abnormální problémy s krvácením (poruchy koagulace)
- Srdeční arytmie
- Poškozené nebo chronické žíly nebo tepny
- BMI > 35
- Otevřené rány nebo stehy v místech uchycení manžety
- Závažné omlazení v oblasti nohou
- Závažné funkční poruchy

S otazníkem

- Křečové žíly jsou ohrožené cévy, které naznačují oslabený žilní systém
- Fibromyalgie
- Hypochondrie
- Těhotenství
- Kontrolovaný vysoký krevní tlak

Zdroje

- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., ... & Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in physiology*, 533.
- Pearson, S.J., Hussain, S.R. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Med* **45**, 187–200 (2015).
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- https://www.physio-pedia.com/Blood_Flow_Restriction_Training