

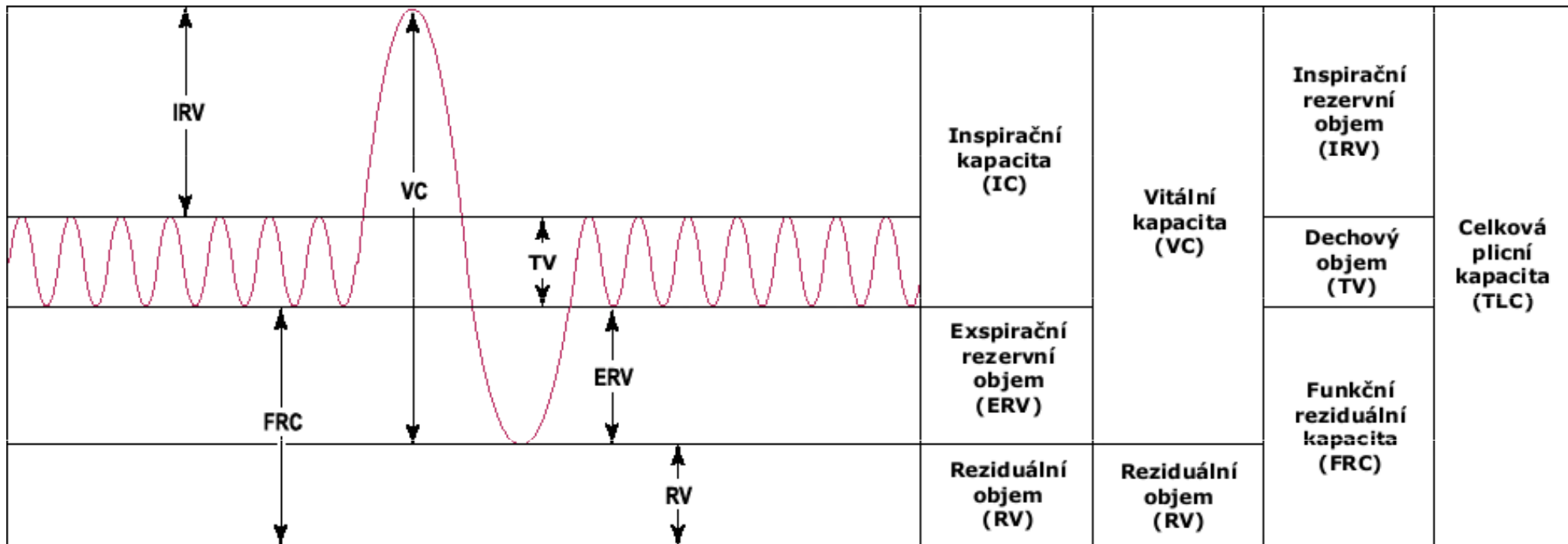
Respirační trénink (RMT)

Specifické formy tréninku

Úvod

- Regulace dýchání (viz např. BP Janoušek, Minaříková)
- Dýchací svalstvo
 - Inspirační X expirační
 - Hlavní X pomocné
- Stereotyp dýchání (Stackeová, 2011)
 - abdominální (břišní) neboli brániční dýchání;
 - kostální neboli dolní hrudní či dolní žeberní dýchání;
 - klavikulární neboli horní žeberní dýchání

Dechové objemy



Dynamické objemy

- $VE = VT * BF$ (minutová ventilace = dechový objem * frekvence)
- V klidu ~8 L/min, v zátěži až ~200 L/min.
- Usilovně vydechnutý objem za 1 sekundu (FEV1) objem vzduchu vydechnutý během 1 sekundy usilovného výdechu
- Tiffeneauův index (FEV1/FVC) je poměr usilovně vydechnutého objemu za 1 sekundu v procentech vitální kapacity při usilovném výdechu

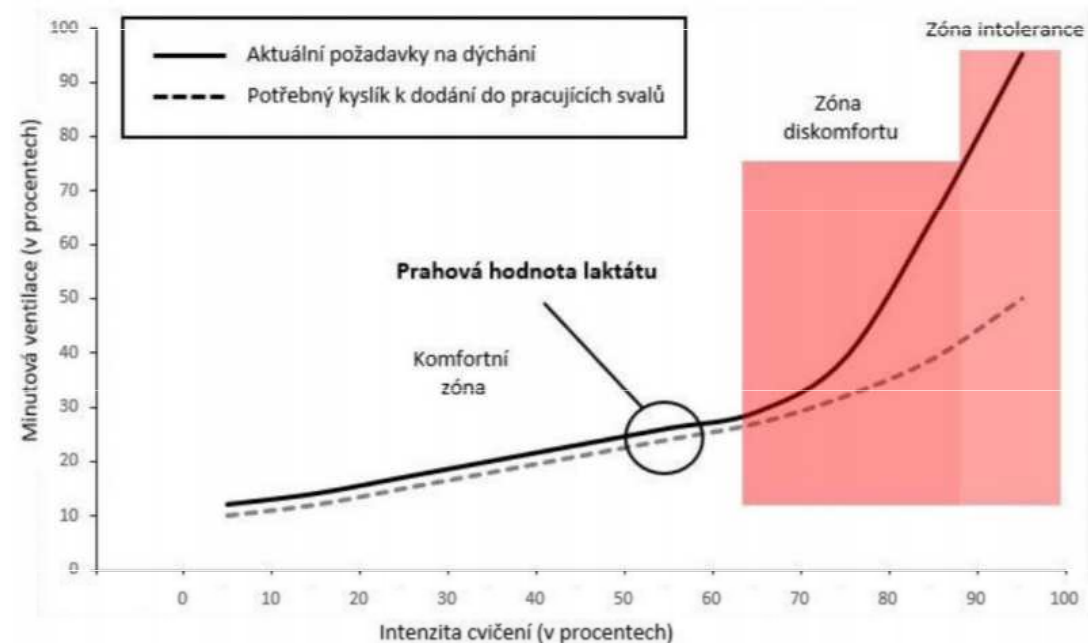
Dýchání při zátěži

- V klidu BF = 10-15 d/min, objem ~ 0,5 l. VE = 7,5 l
- Při zátěži BF = 40 – 50 d/min a dechový objem se také zvyšuje. Čím více je jedinec trénovaný, tím více se zvyšuje dechový objem. Vyžaduje to silnější a rychlejší kontrakci dechového svalstva
- plíce **nemají schopnost** v závislosti na tréninku **zvětšit svoji kapacitu!** Ale **zlepšuje se plicní funkce**
- V klidu je výdech zajišťován zejména elasticitou hrudního koše. Se vzrůstající intenzitou zátěže zapojování expiračních svalů.
- Bez ohledu na intenzitu zátěže je většina práce vykonána inspiračními svaly

- Zvýšení minutové ventilace není lineární a velmi prudce vzrůstá přibližně ve dvou třetinách maximálního zatížení.
- VE na úrovni 80% maximální kapacity není dvakrát větší než na úrovni 40% maximální kapacity, nýbrž je čtyřikrát až pětkrát vyšší.
- Pokud se dechový objem přestane zvyšovat, ale nároky na přísun kyslíku jsou stále vysoké, začne strmě stoupat dechová frekvence, aby byla udržena potřebná minutová ventilace. Zvyšující se závislost na dechové frekvenci k udržení minutové ventilace při vysokých zátěžích je způsobena nemožností zvýšit dechový objem. Čím více dechový objem vzrůstá, tím více vzrůstají nároky na sílu inspiračních svalů. Zvýšená síla je nutná k dosažení většího roztažení hrudního koše. Vyšší nároky na sílu s sebou přinášejí zvýšené úsilí a vyšší diskomfort při dýchání. Nakonec zpětná vazba z receptorů v dýchacích svalech signalizuje respiračnímu centru nutnost změny strategie dýchání. Centrum místo zvýšení dechového objemu zvýší dechovou frekvenci. Dechové centrum má vynikající systém, který minimalizuje diskomfort při dýchání, čímž i optimalizuje účinnost dýchání.
- Pokud budeme například při běhu potřebovat vyměnit v plicích 54 l za minutu, jsou dva možné způsoby, jak tuto potřebu pokrýt. Při mělkém dýchání se musí dechová frekvence výrazně zvýšit, pokud se nebude zvyšovat dechový objem. Avšak tato strategie je mnohem méně účinná, než když se zvýší dechový objem. Při mělkém dýchání není možné využít elasticitu hrudního koše, tudíž se snižuje mechanická účinnost. Je proto nezbytné najít rovnováhu mezi těmito parametry.
- Hledání rovnováhy (paralela s délkou a frekvencí kroků u běhu), kdy je vykonávaná práce jak účinná, tak nevyvolávající pocity diskomfortu.

Trénink dechového svalstva (RMT)

- specifickým tréninkem ovlivnit pomocí metod RMT můžeme, jsou svaly zapojující se do procesu dýchání
- Proč nestačí normální trénink, ale je potřeba RMT
- při cvičení se frekvence a hloubka dechu zvyšuje, což způsobí, že kontrakce dýchacích svalů jsou rychlejší a silnější proti klidovému stavu (viz graf). Aby sval posílil, musí dělat aktivitu, na kterou není zvyklý. Většina cvičení probíhá v aerobní „komfortní“ zóně (aktivitu lze provádět déle než 30 minut). V tomto případě jsou dýchací svaly zatěžovány velmi málo a je tu nižší efekt adaptace na trénink. Jako cvičení vysoké intenzity, označujeme cvičení se zónou diskomfortu dýchacích svalů (sem patří aktivity, jež je možno provádět po dobu 10-30 minut). Cvičení velmi vysoké intenzity (není možno provádět déle než po dobu 10 sekund) již leží v zóně „intolerance“ pro dýchací svaly. Při tomto cvičení je zatížení pro posílení dýchacích svalů dostatečně, ale není je možno povědět dostatečně dlouho. Jinými slovy, intenzita vhodná pro posílení dýchacího svalstva, je ta, která již nutí cvičící osobu zpomalit nebo cvičení ukončit.



- V klidu 2 %, ve velmi těžké zátěži 10 % U netrénovaných až 15 %) metabolických požadavků na samotné dýchání
- >80 % VO_{2max} můžeme pozorovat zátěží způsobenou únavu bránice
- Kombinace výše uvedeného → vazokonstrikce a snížení toku krve do pracujících končenin (Harms et al, 1997)

Vliv na vytrvalost dýchacích svalů

– Trénink pomocí izokapnické objemové hyperventilace s cílem udržet ventilaci až po dobu 30 minut. Typicky 3-5 TJ/týden po dobu 4-5 týdnů (30 minutes of RM work equal to 50 to 60% of 15-second MVV using a *fb* of 50 to 60 breaths/min for 5 weeks)

– <https://link.springer.com/article/10.2165/0007256-200232090-00003/figures/Tab2>

Study ^a	Participants	RM training	Change in resting RM function (%)	Exercise load	Change in performance (%)
Leith and Bradley ^[44]	Untrained: n = 4 E1, 'strength'	E1: static inspiration and expiration at 20% intervals over vital capacity, 30 min/d, 5 d/wk, 5wk	E1: no change breathing endurance	Exercise not performed	NA
	n = 4 E2, 'endurance'	E2: ventilate to 'exhaustion', 3-5 x 5 d/wk, 5wk	E2: +19% breathing endurance (S)		
	n = 4 C	C: no RM training	C: no change breathing endurance		
Morgan et al. ^[45]	Trained: n = 4 E	E: 85% MVV increasing duration, 5 d/wk, 3wk	E: +14% MVV (S), +1575% endurance breathing time (S)	95% VO _{2max} cycling to exhaustion	E: -6% (NS)
	n = 5 C	C: no RM training	C: 0% MVV (NS), 0% endurance breathing time (NS)		C: -8% (NS)
Hanel and Secher ^[46]	Untrained: n = 10 E	E: 50% P _{lmax} , 10 min, 2/d, 27.5d	E: +10% P _{lmax} (S)	Cooper's 12 min run test	E: +8% (NS)
	n = 10 C	C: 0% P _{lmax} , 10 min, 2/d, 27.5d	C: +4% P _{lmax} (NS)		C: +6% (NS)
Fairbairn et al. ^[47]	Trained: n = 5 E	E: ≥MSVC 3 sessions of 8 min, 3-4 d/wk, 4wk	E: +12% breathing endurance (S)	90% W _{max} cycling to exhaustion	E: +25% (NS)
	n = 5 C	C: no RM training	C: -4% breathing endurance (NS)		C: +4% (NS)
	Untrained: n = 4	E: 58-63% MVV 20-30 min, 5 d/wk, 4wk	+268% breathing endurance (S)	64% VO _{2peak} cycling to exhaustion	+50% (S)
Boutellier et al. ^[48]	Trained: n = 8	E: 55-68% MVV 30 min, 5 d/wk, 4wk	+555% breathing endurance (S)	77% VO _{2peak} cycling to exhaustion	+38% (S)
Suzuki et al. ^[50]	Untrained: n = 6 E	E: 30% P _{lmax} , 15 min, 2/d, 4wk	E: P _{lmax} +30% (S), MVV +12% (S)	Incremental treadmill to exhaustion or for a maximum of 10 min	Performance not measured. No change in VE or 'respiratory sensation' at any stage of exercise
	n = 6 C	C: no RM training	C: P _{lmax} 0% (NS), MVV +4.8% (NS)		
Spengler et al. ^[43]	Trained: n = 20	E: 60-85% MVV, 30 min, 5 d/wk, 4wk	+532% breathing endurance (S)	85% W _{max} cycling	+28% (S)
Inbar et al. ^[51]	Trained: n = 10 E	E: 30-80% P _{lmax} , 30 min, 6 d/wk, 10wks	E: +25% P _{lmax} (S) and +27% breathing endurance (S)	Incremental running test to exhaustion	Performance not measured. No change in VO _{2max} , VE _{max}
	n = 10 C	C: same training, no resistance	C: +1% P _{lmax} (NS) and +1% breathing endurance (NS)		
Stuessi et al. ^[52]	Untrained: n = 13 E	E: 40 (15wk) sessions of 30 min 65-70% MVV	E: +632% breathing endurance (S)	70% W _{max} cycling to exhaustion	E: +24% (S)
	n = 15 C	C: no RM training	C: -2% breathing endurance (NS)		C: -4% (S)
Sonetti et al. ^[42]	Trained: n = 9 E	E: 5wk, 5 d/wk, 30 min/d, 50-60% MVV and 4-5 min 50% P _{lmax}	E: +8% P _{lmax} (S), no change 15 sec MVV, no change breathing endurance	Cycling: 8km time trial, and 80-85% W _{max} to exhaustion	E: +1.8% 8km time trial (S), +26% fixed work-rate (S)
	n = 6 C	C: 5wk, 5 d/wk, 30 min/d placebo, 'hypoxic trainer'	C: +3.7% P _{lmax} (NS), no change 15 sec MVV, no change breathing endurance		C: -0.3% 8km time trial (NS), +16% fixed work-rate (S)
Volianitis et al. ^[53]	Trained: n = 7 E	E: 50% P _{lmax} 30 breaths, 2 x day, 7 d/wk, 11wk	E: +45% P _{lmax} (S)	6 min 'all out' rowing	+4% (S)
	n = 7 C	C: 15% P _{lmax} 60 breaths, 1 x day, 11wk	C: +5% P _{lmax} (NS)		+2% (NS)
Markov et al. ^[54]	Untrained: n = 13 E	E: 60% MVV, 30 min, 40 sessions over 15wk	Breathing endurance. E: +770% (S)	70% W _{max} cycling to exhaustion	E: +24% (S)
	n = 9 C1	C1: 30 min cycling/running, 40 sessions over 15wk	C1: +45% (S)		C1: +41% (S)
	n = 15 C2	C2: no RM training	C2: -25% (NS)		C2: -0.05% (NS)

^a Studies listed in chronological order.

C = control; E = experimental; MSVC = maximal sustainable ventilatory capacity; MVV = maximal voluntary ventilation; NA = not applicable; NS = not statistically significant (p > 0.05); P_{lmax} = maximal inspiratory pressure; RM = respiratory muscle; S = statistically significant (p < 0.05); VE = minute ventilation; VE_{max} = maximal minute ventilation; VO_{2max} = maximal oxygen consumption; VO_{2peak} = peak oxygen consumption; W_{max} = maximal power output.

Efekt na sílu respiračního svalstva

- Zátěž ~ 15 až 50% maximalního nádechového tlaku (PI_{max}) 3 až 5 TJ/týden po dobu 5 až 20 minut
- Nárůst P_{imax} 8 až 45 %
- Asi stejný princip jako u jiného cvičení (množství X int) – viz největší přírůstek byl u studie s vysokým % P_{imax} (Volianitis et al, 2001)

Adaptace pohybové a dechové svalstva cvičením

- Většinou na krysách (kdo by taky chtěl dělat například biopsii bránice, že?)
- Zlepšení ve ventilačních výkonech jako maximální udržitelná ventilační kapacita (MSVC) a maximální ventilace (MVV) (Clanton et al, 1987)
- Jsou taktéž rozdíly ve ventilačních výkonech sportujících a nespportujících (Martin & Stager, 1981) – 80 % 12sekundového MVV: 11 minut VS 3 minuty

Glycogen	↑
Number of mitochondria	↑
Mitochondrial volume	↑
Adenosine triphosphate	↑
Phosphocreatine	↑
Creatine	↑
Glycolytic enzymes	↑
Aerobic enzymes	↑
Maximal lactate	↑
Type I fibres	↑
Type II fibres	↓
Oxygen extraction	↑
Capillarisation	↑

↑ = increase; ↓ = decrease.

Efekt na výkon

- Rozporuplné (metodologické problémy – odpor, testování výkonu v labu)
- Jediná studie s „pravým“ placebem – EXP +26% vs CON +16%
- Potentially, RM training may reduce diaphragm fatigue for a given workload; however, to date, no data are available to address this observation.

Efekt na fyziologické parametry

- Z dostupných dat víme, že nedochází k systematickému zlepšení maximální VE, VO₂, HR, tepového objemu, saturaci oxyhaemoglobinu během stupňovaných testů do maxima
- Fyziologický mechanismus tedy leží někde jinde.
- Dýchací svaly, stejně jako jiné svaly, se unavují cvičením. → hledejme tedy oporu zlepšení (pravděpodobně) v ratings of breathing perception, delay of RM fatigue, ventilatory efficiency, or blood-flow competition between respiratory and locomotor muscles.

Závěry metaanalýz/systematických review

Illi et al, 2012

- RMT improves endurance exercise performance in healthy individuals with **greater improvements in less fit individuals** and in sports of longer durations. The two most common **types of RMT** (inspiratory muscle strength and respiratory muscle endurance training) **do not differ significantly** in their effect, while **combined** inspiratory/expiratory strength training **might be superior**. Improvements are similar between different types of sports. **Changes in performance can be detected by constant load tests, time trials and intermittent incremental tests only**. Thus, all types of RMT can be used to improve exercise performance in healthy subjects but care must be taken regarding the test used to investigate the improvements.

Sheel, 2002

Specific RM training has been shown to improve the **endurance and strength of the RM in healthy humans**. The effects of RM training on **exercise performance remain controversial**. When exercise performance is evaluated using submaximal fixed work-rate tests, significant improvements are seen and smaller, but significant **improvements** have also been reported **in placebo-trained participants**. When performance is measured using time-trial type performance measures, performance is increased to a much lesser extent with RM training. It appears that RM training influences relevant measures of physical performance to a limited extent at most. Interpretation of the collective literature is difficult because most studies have utilised relatively small sample sizes and very few studies have used appropriate control or placebo groups. Mechanisms to explain the purported improvements in exercise performance remain largely unknown. However, candidates include improved ratings of breathing perception, delay of RM fatigue, ventilatory efficiency, or blood-flow competition between respiratory and locomotor muscles. Future well controlled studies with larger sample sizes are warranted to ascertain whether delaying or attenuating RM fatigue does indeed improve athletic performance and what physiological mechanisms might be responsible.

Přístroje používané k tréninku dechového svalstva ve sportu

- zařízení s pasivním odporem průtoku vzduchu
- zařízení s přetlakovým ventilem
- tréninkové vybavení na podporu vytrvalosti

– https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Rodrigues-Nascimento/publication/325730850_A_Review_on_Respiratory_Muscle_Training_Devices/links/5ef0b7ce458515814a74b98b/A-Review-on-Respiratory-Muscle-Training-Devices.pdf

Device	Adequate load range	Portability	Usability	Adequate mouthpiece sealing	Possibility of home-based training	Easy/fast adjustment	Allows inspiratory and expiratory training	Cost effectiveness (inexpensive)
Resistance-training devices								
Pflex®	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
TrainAir®	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No
POWERbreathe® K-Series	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
EMST 150	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Orygen-Dual Valve®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
POWERbreathe®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
PowerLung ®	*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Respifit-S	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	No
Threshold® IMT	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Threshold™ PEP	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Endurance-training device								
SpiroTiger®	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No
* Not reported								

Zařízení s pasivním odporem průtoku vzduchu

- studie ukazují na nárůst síly respiračního svalstva o 20 – 50 %.
- PFlex (Philips Respironics Inc., USA), nízká pořizovací cena (cca 700 Kč) a jednoduchá manipulace.
- odpor generován vdechovaným proudem vzduchu.
- Nevýhoda: zátěž a přínos pomůcky lze těžko kvantifikovat.
- TrainAir přidány přídatné měření tlaku, další elektronika a software. Výstupy ze zařízení jsou přeneseny do laptopu k zajištění spolehlivých a kvantifikovatelných výsledků. Trénink na přístroji je časově náročný a namáhavý (kolem 30 minut), cena přístroje je vyšší kolem 15K Kč

Zařízení s přetlakovým ventilem

- Rozsah zatížení, jehož základní inspirační síla (MIP) je přibližně kolem hodnoty 60 cmH₂O. Typická hodnota MIP (maximální inspirační tlak) u mladých mužů je 130 cmH₂O, u mladých žen 100 cmH₂O.
- Nejznámější POWERbreathe, dostupná pomůcka (cena kolem 1600 Kč) je využitelná i ve zdravotnictví i ve sportu. Uživatelé dýchají přes zařízení, které obsahuje tlakově nastavitelný ventil pro inspiraci a ventil výdechové klapky bez zátěže. Několik provedení v mechanický (rozsahy cmH₂O) nebo elektronický typu, které mají výhodu LCD displeje, přes které korigujeme nastavení přístroje a vidíme výsledky tréninku (~9K Kč), vyšší řadu lze propojit k PC a použít i pro testování (cena až 20K Kč)



Tréninkové vybavení na podporu vytrvalosti

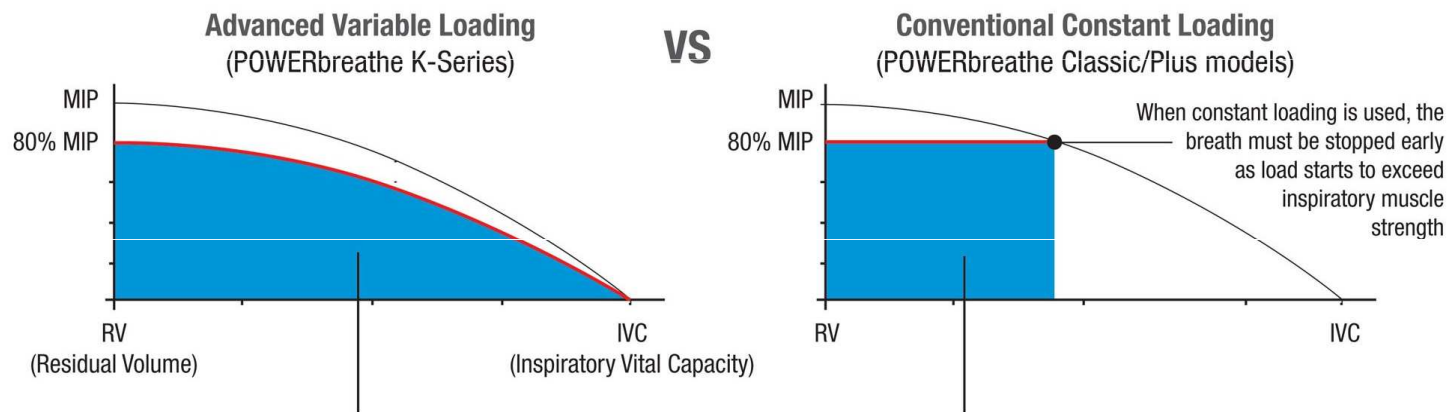
- **SpiroTiger** (Idiag AG)
- Princip: při tréninku dochází k hyperventilaci, která může vést ke ztrátě CO₂ a následné hypokapnii s příznaky slabosti a svalových křečí. Stimulace přetížení je zajištěna intenzivní hyperventilací po dobu 30 minut. Jako prevenci hypokapnie je třeba udržet normální hladinu CO₂ v krvi – isokapnii, to zajišťujeme okruhem pro recirkulaci CO₂, jenž je součástí přístroje SpiroTiger. Obsahuje okruh s recirkulací a uzpůsobení k monitoringu intenzity tréninku → velký a drahý (~30K Kč)
- Časově i výkonnostně náročný trénink na úrovni intenzity 60 - 90 % VEmax. Ačkoli isokapnická objemová hyperventilace (VIH, voluntary isocapnic hyperventilation) zajišťuje navýšení vytrvalosti respiračních svalů, nezlepšuje sílu respiračních svalů.



PowerBreathe K2

- Elektronický nebo manuální režim v rozsahu 10-200 cm H₂O
- K2: https://respiration.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=10
- PLUS: https://respiration.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=1

The POWERbreathe K-Series creates a variable load which matches the length tension relationship of the inspiratory muscles allowing more effective training than conventional constant load training.

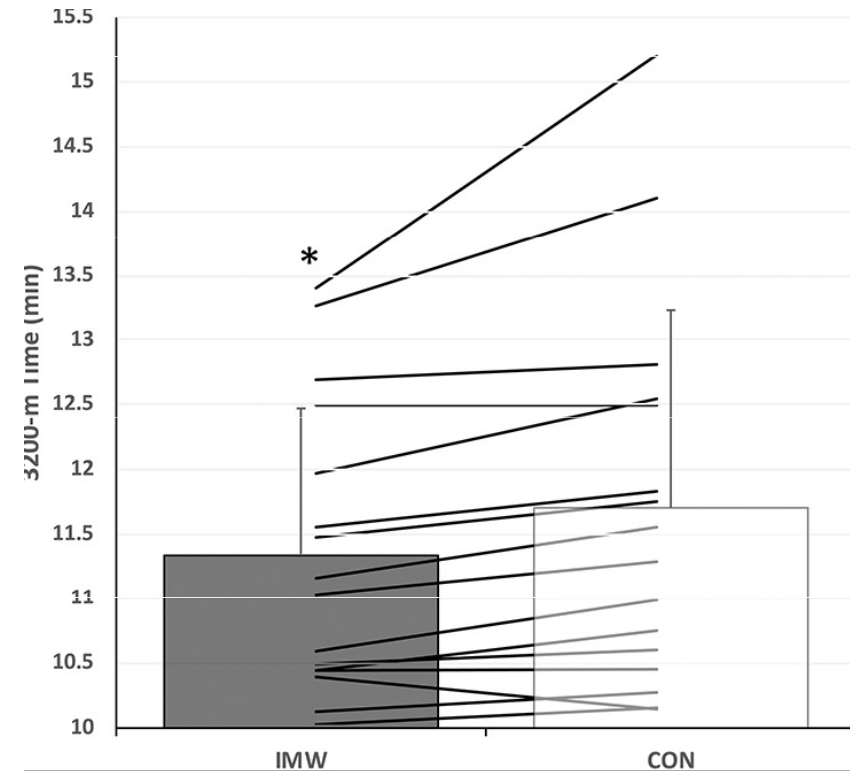


Up to 50% more training work (area under graph) achievable at 80% intensity using variable load training

Up to 125% more air inhaled per breath at 80% intensity using variable load training

PowerBreathe jako warm-up nástroj

- the data suggest that IMW improves 3,200-m performance ($2.8\% \pm 1.5\%$ = cca 20 sec) because of enhancements in inspiratory muscle function characteristics and reduction in dyspnea.



Praktické cvičení s brčkem



Dýchací masky



- Je to respirační trénink, nikoli hypoxický!

Doporučená a použitá literatura

- Illi, S.K., Held, U., Frank, I. et al. Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals. Sports Med 42, 707–724 (2012). <https://doi.org/10.1007/BF03262290>
- Sheel, A.W. Respiratory Muscle Training in Healthy Individuals. Sports Med 32, 567–581 (2002). <https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00003>
- MINAŘÍKOVÁ, Michaela. Využití respiračního tréninku ve sportu [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/jzis2/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Robert VYSOKÝ.
- JANOUŠEK, David. Ovlivnění respiračních parametrů sportovce pomůckou POWERbreathe [online]. Brno, 2014 [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/y0vba/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Dagmar MOC KRÁLOVÁ.