

**MUNI
SPORT**

Hyperoxický trénink

Jan Cacek

Základy vědy o HAT

- Procento kyslíku ve vzduchu, ve srovnání s jinými plyny, zůstává nezávisle na nadmořské výšce relativně konstantní **na 21 %**
 - **S nadmořskou výškou se mění tlak vzduchu.**
 - **Ve vyšší nadmořské výšce - nižší tlak vzduchu - molekuly kyslíku jsou dále od sebe**
 - **To znamená, že pro daný objem vzduchu je v něm ve výšce 3000 m nad mořem méně molekul kyslíku než na úrovni moře.**
 - = výsledkem je, že když **dýcháte do plic relativně fixovaný objem vzduchu a v tomto objemu vzduchu je méně molekul kyslíku, do vaší krve se dostane méně kyslíku**
 - Ve snaze udržet stabilní příjem kyslíku - tělo reaguje zvýšením rychlosti dýchání a srdeční frekvence
 - Poměrně rychle také zvýšíte objem plazmy a postupem času (přibližně 3 týdny) se vaše tělo přizpůsobí životu ve vyšší nadmořské výšce tím, že produkuje více červených krvinek.

Princip fungování

- **Výkon při cvičení je podmíněn:**
 - O₂ dodávkou do svalů kardiorepiračním systémem,
 - difúzí O₂ z kapilár do buněk
 - využitím O₂ kosterními svaly
- S vyšší intenzitou cvičení, je zvýšení dodávky O₂ do svalů limitováno akumulací H⁺ a anorganických fosfátů na nervosvalovém spojení = **snižují kontraktilitu sv. buňky a vyvolávají únavu**
- **Snížená suplementace O₂ vede k náboru vláken IIa, která jsou pro vytrvalost méně vhodné než typ Ia** - náchylnější k únavě
- V souladu s popsaným klesá okysličení mozkové tkáně během cvičení - spojeno s odvykáním řešit efektivně motorické úkoly

Pozitivní efekt HOT

- jsou spojeny s energetickým metabolismem ve svalech a mohou pozitivně ovlivnit opakující se svalové kontrakce (SV) nízké intenzity, celotělové aerobní i anaerobní vytrvalostní výkony
- **základní mechanismy pozitivního efektu zahrnovaly:**
 - oslabenou degradaci fosfokreatinu
 - sníženou glykogenolýzu ve svalech
 - rychlejší resyntéza fosfokreatinu
- **zvýšení VO₂max** za hyperoxických podmínek v normoxii
- POZOR – výsledky studií nejsou jednotné

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Effects of hyperoxia on dynamic muscular endurance are associated with individual whole-body endurance capacity

Yuta Kojima¹, Chiho Fukusaki^{2*}, Naokata Ishii^{2,3}

1 Department of Human and Engineered Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba, Japan, **2** Research Center for Total Life Health and Sports Sciences, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba, Japan, **3** Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, Meguro, Tokyo, Japan

☞ These authors contributed equally to this work.

* fukusaki@edu.k.u-tokyo.ac.jp



Princip fungování HOT

- Problém s cestováním do nadmořské výšky = schopnost sportovce trénovat se snižuje, zatímco se přizpůsobuje nadmořské výšce.
- ANP klesá o přibližně 10% ve srovnání s hladinou moře v nadmořských výškách mezi 1800 – 2500 m
- **Ve vyšší n. výšce:**
 - je pomalejší zotavení, což znamená = sportovec je méně schopný zvládnout vysoké tréninkové zatížení,
 - Někteří sp. mají narušený spánek - zhoršuje problém zotavení.
- Jedním z řešení, alespoň co se týká zátěže tréninku, je **trénink se suplementací kyslíkem.**
- Suplementace kyslíkem je v zásadě aplikace konceptu „Live High, Train Low“ pro sportovce, kteří již žijí ve výšce.
- Místo tréninku s 21% kyslíku lze parciální tlak kyslíku výrazně zvýšit.
- Funguje doplňkový trénink kyslíku? **Ano**
- Když sportovec trénuje s doplňkovým kyslíkem, zvyšuje se jeho výkon při dané srdeční frekvenci.
- Jsou schopni **produkovat větší pracovní zátěž = vede k většímu tréninkovému stimulu**
- Sportovci žijící v nadmořské výšce však čelí výzvě zotavit se z těchto tvrdých tréninků při dýchání tenčího vzduchu ve vysokých nadmořských výškách.

Účinky HOT

- Sportovci využívají HOT při cvičení, **kde je rozhodující dodávka kyslíku a vysoký výkon**
- **účinky hyperoxie na výkon cvičení**
 - prokázáno zlepšení maximální absorpce kyslíku (VO₂max)
 - prodloužena maximální doba cvičení při vysoce intenzivním aerobním cvičení
 - prokázán zvýšený maximální anaerobní výkon
 - během sub-maximálního aerobního cvičení je srdeční frekvence, koncentrace laktátu v krvi a hodnocení vnímané námahy (RPE) u hyperoxiků nižší než za normoxických podmínek
 - prokázány pozitivní účinky hyperoxie během celotělového aerobního a anaerobního cvičení
 - prokázána lepší lokální svalová vytrvalost

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Effects of hyperoxia on dynamic muscular endurance are associated with individual whole-body endurance capacity

Yuta Kojima^{1*}, Chiho Fukusaki^{2*}, Naokata Ishii^{2,3*}

1 Department of Human and Engineered Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba, Japan, **2** Research Center for Total Life Health and Sports Sciences, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba, Japan, **3** Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, Meguro, Tokyo, Japan

* These authors contributed equally to this work.
* fukusaki@edu.k.u-tokyo.ac.jp



Mechanisms of Improved Exercise Performance under Hyperoxia

Silvia Ulrich^{a,b} Elisabeth D. Hasler^a Séverine Müller-Mottet^a
Stephan Keusch^a Michael Furian^a Tsogyal D. Latshang^a Simon Schneider^a
Stéphanie Saxer^a Konrad E. Bloch^{a,b}

^aPulmonary Clinic, University Hospital Zurich, and ^bCentre for Integrative Human Physiology, University of Zurich, Zurich, Switzerland

Table 2. Maximal ramp bicycle exercise under normoxia and hyperoxia

	Normoxia	Hyperoxia	
	end-exercise	isoload	end-exercise normoxia
Workload, W	257±76	257±76	270±80**
Workload, % predicted	126±27	NA	133±28**
Anaerobic threshold, W	127±41	NA	160±58**
Heart rate, bpm	171±17	164±17**	172±17
Heart rate reserve, bpm	8±10	14±10**	6±11
Tidal volume, L	2.6±0.5	2.8±0.5*	2.7±0.5
Breath rate, n/min	42±10	33±10**	41±10
Minute ventilation (\dot{V}_E), L/min	106±32	90±32**	108±33
Breathing reserve, L/min	47±28	63±29**	45±29
Breathing reserve, % MVV	30±16	41±15**	29±16
Oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), L/min	3.0±0.9	3.3±0.9**	3.6±1.0**
$\dot{V}O_2$, mL/min/kg	43±11	47±11**	53±12**
CO ₂ output ($\dot{V}CO_2$), L/min	3.5±1.1	3.3±1.0	3.7±1.1*
Respiratory exchange ratio	1.2±0.1	1.0±0.1**	1.0±0.1**
$\dot{V}_E/\dot{V}O_2$	36±5	27±5**	31±6**
$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$	30±4	26±3**	29±5
O ₂ pulse, mL/beat	17±4	20±5**	21±5**
End-tidal PO ₂ , mm Hg	110±4	315±33**	318±31**
End-tidal PCO ₂ , mm Hg	38±4	43±4**	39±4**
Pulse oximetry (SpO ₂), %	96±3	99±0.5**	99±0.5**
Cerebral tissue SO ₂ (CTO), %	61±9	69±9**	67±9*
Quadriceps muscle tissue SO ₂ (QMTO), %	65±8	67±7	67±7
Cerebral total hemoglobin, U	48±17	46±22	46±22
Quadriceps total hemoglobin, U	40±13	39±12	39±13
CTO desaturation, %	6±8	0.4±6**	2±7*
QMTO desaturation, %	8±7	7±5	6±7
Borg CR10 scale dyspnea score	5.7±2.6	NA	4.8±2.2*
Borg CR10 scale leg discomfort score	6.0±2.1	NA	6.1±2.4

Values are presented as mean ± SD ($n = 32$). Individual values were averaged over 15 s; for isoload under hyperoxia, data from the same 15 s (isotime) as those at end-exercise under normoxia are reported. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ for the comparison hyperoxia vs. end-exercise normoxia. MVV, maximal voluntary ventilation computed as $37.5 \times FEV_{1i}$; U, relative units.

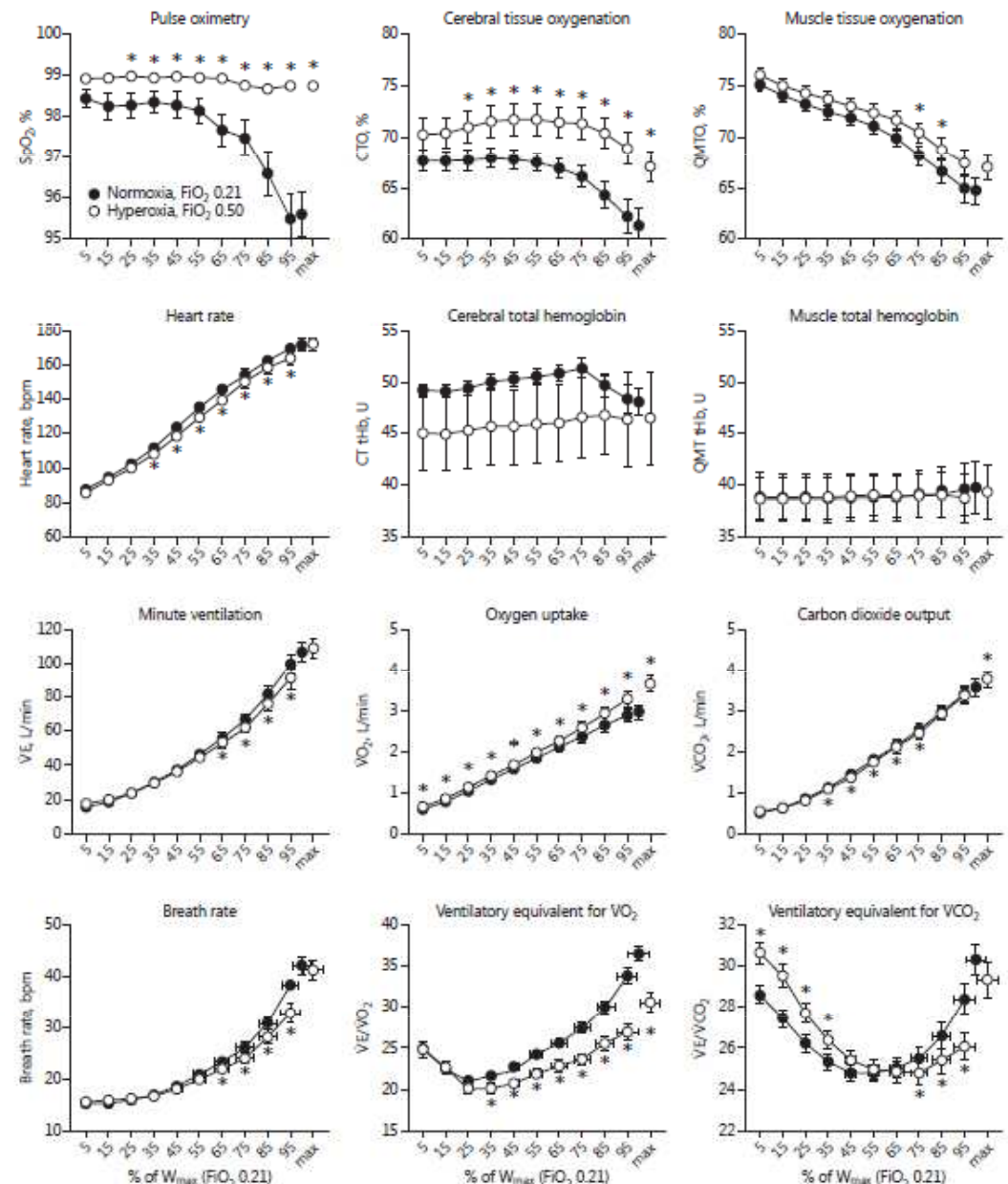
Mechanisms of Improved Exercise Performance under Hyperoxia

Silvia Ulrich^{a,b} Elisabeth D. Hasler^a Séverine Müller-Mottet^a
Stephan Keusch^a Michael Furian^a Tsogyal D. Latshang^a Simon Schneider^a
Stéphanie Saxer^a Konrad E. Bloch^{a,b}


^aPulmonary Clinic, University Hospital Zurich, and ^bCentre for Integrative Human Physiology, University of Zurich, Zurich, Switzerland

- hyperoxie zlepšuje pohybový výkon během progresivní rampy i konstantního zatížení kole
- **zlepšení výkonu souviselo s:**
 - vyšší účinností výměny plicních plynů,
 - sníženou ventilační prací a srdeční frekvence při shodném zatížení
 - zvýšením SpO₂, CTO a QMTO.
- Prokázáno snížené vnímání dušnosti
- Limitace cvičení souvisí s kardiopulmonálními i svalovými a centrálními mechanismy nervového systému

8 Definujte zápatí - název prezentace / pracoviště



The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 1 Summary of investigations that evaluated acute time-trial exercise

Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F _I O ₂	Wash-in time (min)	Performance ^{a,c}	$\dot{V}O_2^a$	V _E ^a	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	C _a O ₂ /P _a O ₂ ^a	S _p O ₂ /S _a O ₂ ^a
Amann et al. [7]	23	63	8 (0)	Cycling, 5 km	1	–	13.6	–	20.7	0.8	15.1/–	16.7/–	9.6/–
Marwood and Bowtell [54]	36	58	8 (NS)	Cycling, 4 min	0.5	10	4.5	4.9	–	–	–/–19.8	–/–	–/–
Nielsen et al. [17]	24	–	11 (0)	Rowing, 6 min	0.3	5	6.2	–	1.1	1.6	–/–	7.7/111.5	–/6.2
Peltonen et al. [62]	23	–	6 (0)	Rowing, 2.5 km	0.622	–	6.5	11.0	–4.0	6.2	–3.6/–	–/–	–/–
Peltonen et al. [63]	29	–	11 (0)	Cycling, 7 min	0.325	3	3.0	10.7	–5.1	0.5	–14.8/–	–/–	4.0/–
Petersen et al. [64] ^b	28	52	17 (2)	Firefighter simulation	0.4	–	3.7	–	–	0.6	–/1.1	–/–	–/–
Tucker et al. [51]	24	–	11 (0)	Cycling, 20 km	0.4	–	5.4	–	–	1.7	–/10.0	–/–	–/–
Volianitis et al. [65]	32	–	6 (0)	Rowing, 2 km	0.3	5	–	10.6	2.4	–1.7	–/–17.4	7.2/71.3	–/6.9
Weltman et al. [66]	23	52	26 (0)	Cycling, 6 min	1	0	5.9	27.2	–	–	–/–	–/–	–/–


$\dot{V}O_{2max}$ maximal oxygen consumption, F_IO₂ fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, V_E minute ventilation, HR heart rate, C_aO₂ arterial oxygen content, P_aO₂ partial pressure of oxygen, S_pO₂ estimated oxygen saturation, S_aO₂ arterial oxygen saturation, NS not stated

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

^bNot included in the meta-analysis

^cImproved performance indicated by higher mean power output

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 2 Summary of investigations that evaluated acute time-to-exhaustion exercise


Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F_iO_2	Wash-in time (min)	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	V_E^a	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	$C_aO_2/P_aO_2^a$	$S_pO_2/S_aO_2^a$	
Amann et al. [7]	23	63	8 (0)	Cycling, mean PO 5 km TT	1	–	137.9	–	–15.8	–1.7	–/–	15.0/–	7.2/–	
Bye et al. [50]	31	–	7 (0)	Cycling, 80% \dot{W}_{max}	0.4	10	66.1	–	–4.9	0.0	–/–	–/–	–/5.3	
Ekblom et al. [67]	27	58.0	9 (0)	Treadmill running	0.5	45	68	12.6	–11.1	1.1	–/–	16.2	7.7/176.6	–/4.3
Linossier et al. [68]	22	54	5 (0)	Cycling, 100% \dot{W}_{max}	0.6	15	44.6	–	–	–	–/–	8.5	–/–	
Manselin et al. [69]	28	56	18 (4)	Cycling, 80% \dot{W}_{max}	0.31	5	9.6	–	–	–	–2.6/–	–/–	2.8/–	
Ohya et al. [70]	20	59	8 (0)	Cycling, 90% \dot{W}_{max}	0.36	2	16.3	–	–	–	–30.7/–	–/–	3.1/–	
Plet et al. [71]	24	51	11 (6)	Cycling, 80% $\dot{V}O_{2max}$	0.55	–	40.7	0.0	–6.2	–2.2	–/–	36.1	–/106.6	–/–
Tucker et al. [51]	24	–	11 (0)	Cycling, mean PO 20 km TT	0.4	–	10.7	–	–	1.7	–/–	9.3	–/–	–/–
Ulrich et al. [49]	45	43	32 (12)	Cycling, 75% \dot{W}_{max}	0.5	2	51.6	10	–5.5	1.2	–/–	–/–	3.1/–	
Wilkerson et al. [72]	26	47	7 (0)	Cycling, 105% $\dot{V}O_{2max}$	0.5	10	14.5	–	–	0.6	–/5.6	–/–	–/–	
Wilson and Welch [57]	30	–	9 (0)	Treadmill running, 110% $\dot{V}O_{2max}$	0.4	1	17.9	–	–1.5	–	–/–	–/–	–/–	
Wilson and Welch [57]	~30	–	9 (0)	Treadmill running, 110% $\dot{V}O_{2max}$	0.6	1	22.2	–	–5.3	–	–/–	–/–	–/–	
Wilson and Welch [57]	~30	–	9 (0)	Treadmill running, 110% $\dot{V}O_{2max}$	0.8	1	29.8	–	–6.1	–	–/–	–/–	–/–	
Wilson and Welch [57]	~30	–	9 (0)	Treadmill running, 110% $\dot{V}O_{2max}$	1.0	1	38.1	–	–6.0	–	–/–	–/–	–/–	

F_iO_2 fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, V_E minute ventilation, HR heart rate, C_aO_2 arterial oxygen content, P_aO_2 partial pressure of oxygen, S_pO_2 estimated oxygen saturation, S_aO_2 arterial oxygen saturation, TT time trial, PO power output, \dot{W}_{max} maximal workload, $\dot{V}O_{2max}$ maximal oxygen consumption

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

^bImproved performance indicated by longer exercise tolerance

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis


Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 3 Summary of investigations that evaluated acute graded exercise tests

Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2\max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F _I O ₂	Wash-in time (min)	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	V_E^a	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	C _a O ₂ /P _a O ₂ ^a	S _p O ₂ /S _a O ₂ ^a
Byrnes et al. [48]	–	–	6 (0)	Cycling, +33 W min ⁻¹	0.7	30	–	13.0	–5.5	0.0	–/– 5.1	–/–	–/–
Eves et al. [73]	33	53	25 (0)	Treadmill walking at 93.9 m min ⁻¹ , +2% incline • 2 min ⁻¹¹	0.4064	0	10.3	10.1	–1.1	0.7	0.0/–	–/–	6.8/–
Eves et al. [74]	34	45	15 (0)	Treadmill walking at 3.5 or 4 mph, +2% incline • 2 min ⁻¹¹	0.4	5	10.1	13.0	2.7	–0.5	–/–	–/–	7.2/–
Grataloup et al. [30] (EIH)	19	65	9 (0)	Cycling, +0.333 W • min ⁻¹ • kg ⁻¹	0.3	3	4.3	12.8	–2.1	–1.6	–3.3/–	–/–	6.5/–
Grataloup et al. [30] (non-EIH)	22	63	7 (0)	Cycling, +0.333 W • min ⁻¹ • kg ⁻¹	0.3	3	2.5	4.2	–3.6	–0.5	–20.3/–	–/–	3.2/–
Hogan et al. [53]	27	47	6 (0)	Cycling, +15 W • min ⁻¹	0.5976	10	5.9	5.2	–18.3	–0.5	–/– 12.8	–/–	–/–
Hopman et al. [75]	26	36	10 (0)	Arm cycling, +10 W • min ⁻¹	0.5	15	2.2	5.6	–3.6	0.9	–/–	–/–	–/–
Hughson and Kowalchuk [76]	30	53	6 (0)	Cycling, +15 W • min ⁻¹	0.7	10–15	4.1	4.0	–	–	–/–	–/–	–/–
Knight et al. [77]	29	57	11 (0)	Cycling, +30 W • min ⁻¹	1	–	8.7	–	–	–	–/– 10.5	–/–	–/–
Linossier et al. [68]	22	54	5 (0)	Cycling, +37 W • 4 min ⁻¹	0.6	15	4.2	–	–	–	–/– 8.5	–/–	–/–
Lovering et al. [78]	30	51	15 (5)	Cycling, +30 • 2 min ⁻¹	1	0	9.9	–	–	–	–/–	–/–	–/–
Manselin et al. [69]	28	56	18 (4)	Cycling, males +25 • min ⁻¹ ; females +20 • min ⁻¹	0.31	5	2.3	–	–	0.5	–2.5/–	–/–	3.2/–
Oussaidene et al. [16]	27	45	8 (0)	Cycling, +20 W • min ⁻¹	0.3	5	5.6	–	–	1.6	–/–	–/–	1.3/–
Ozgurbuz et al. [79]	21	51	46 (19)	Cycling, +50 W • 3 min ⁻¹	0.744	15	2.5	1.2	–1.2	0.5	5.1/–	–/–	–/–
Peltonen et al. [80]	24	63	6 (0)	Cycling, +100 W • 4 min ⁻¹ until 400 W, then +50 W • 4 min ⁻¹	0.32	5	5.5	13.6	–	2.8	–/–	–/–	2.1/–
Plet et al. [71] (females)	23	44	6 (6)	Cycling, +30 W • 3 min ⁻¹	0.55	–	–	11.4	–6.2	2.7	–/– 5.4	–/–	–/–
Plet et al. [71] (males)	25	57	5 (0)	Cycling, +30 W • 3 min ⁻¹	0.55	–	–	3.7	–9.8	1.1	–/– 12.3	–/–	–/–

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 3 continued


Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2\max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F_iO_2	Wash-in time (min)	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	V_E^a	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	$C_aO_2/P_aO_2^a$	$S_pO_2/S_aO_2^a$
Prieur et al. [81]	25	45	10 (0)	Cycling, +30 W • 2 min ⁻¹	0.331	10	4.6	14.2	-5.5	0.0	-/-	-/-	3.2/-
Smith et al. [21]	22	-	10 (0)	Cycling, +30 W • 2 min ⁻¹ until hyperventilation, then +30 W • min ⁻¹	1	10	5.7	-	-	1.6	-/-	-/-	-/-
Smith et al. [18]	22	-	17 (6)	Recumbent cycling, +20 W • 3 min ⁻¹	0.4	-	20	-	-	-	-/-	-/-	-/-
Ulrich et al. [49]	45	43	32 (12)	Cycling, +15–20 W • min ⁻¹	0.5	2	5.1	23.3	1.9	0.6	-/-	-	3.1/-
Walsh and Banister [82]	29	54	7 (0)	Cycling, +20 W • min ⁻¹	0.4	10	6	7.8	-1.2	2.1	-/-	-/-	-/-

$\dot{V}O_{2\max}$ maximal oxygen consumption, F_iO_2 fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, V_E minute ventilation, HR heart rate, C_aO_2 arterial oxygen content, P_aO_2 partial pressure of oxygen, S_pO_2 estimated oxygen saturation, S_aO_2 arterial oxygen saturation, *EIH* exercise-induced hypoxemia

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

^bImproved performance indicated by greater power output achieved

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 4 Summary of investigations that evaluated acute dynamic contractions of large locomotory muscle


Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F _i O ₂	Wash-in time (min)	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	V _E ^a	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	C _a O ₂ /P _a O ₂ ^a
Eiken and Tesch [83]	27	–	8 (0)	KE, 60 MVCs @ 180° • s ⁻¹	0.99	15	6.1	–	–	–/–	–/–	–/–
Kleiner and Snyder [84]	21	–	50 (30)	KE, MVC until exhaustion (70%) @ 60° • s ⁻¹	1.0	5	5.8	–	–2.3	–/–	–/–	–/–
Mourtzakis et al. [85] (trained leg)	23	–	8 (0)	KE, dynamic incremental	0.6	10	–2.0	3.7	–4.7	–/–	3.9/178.4	–1.8
Mourtzakis et al. [85] (non-trained leg)	23	–	8 (0)	KE, dynamic incremental	0.6	10	1.3	–8.2	–5.8	–/–	2.4/157.6	–1.5
Richardson et al. [12]	25	58	5 (0)	KE, dynamic, rate 60 • min ⁻¹ + 5% increase	1.0	0	12.0	18.5	–2.9	–/–	9.1/394.6	–1.5
Richardson et al. [9]	26	65	7 (0)	KE, dynamic, rate 60 • min ⁻¹ + 5% increase	1.0	0	14	16.9	2.1	–/–	11.8/407.5	–1.6
Vanhatolo et al. [86]	30	–	7 (0)	KE, dynamic until exhaustion	0.7	5	18.6	–	–	–/–	–/–	–/–

$\dot{V}O_{2max}$ maximal oxygen consumption, F_iO₂ fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, V_E minute ventilation, HR heart rate, C_aO₂ arterial oxygen content, P_aO₂ partial pressure of oxygen, KE knee extensions, MVC maximal voluntary exhaustion

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

^bImproved performance indicated more work completed

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 5 Summary of investigations that evaluated hyperoxic training for normoxic exercise


Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F _I O ₂	Training frequency	Training intensity	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a
Armstrong et al. [35]	21	43	18 (6)	Cycling, incremental + 0.5–1 kp • min ⁻¹ Cycling, TTE 80% $\dot{V}O_{2max}$	0.8249	40 min, 3 days/week, 5 weeks,	Cycling @ 60% $\dot{V}O_{2peak}$	34.9	14.3	–	–/–
Perry et al. [33]	26	51	11 (3)	Cycling, incremental + 70 W•2 min ⁻¹ until HR = 150, then + 35 W • 2 min ⁻¹ Cycling, TTE 90% $\dot{V}O_{2max}$	0.585	60 min, 3 days/week, 6 weeks	4 min @ 80% $\dot{V}O_{2max}$ (2 min rest) × 10	106.9	200	–22.2	–/–
Perry et al. [34]	23	48	9 (3)	Cycling, incremental + 70 W•2 min ⁻¹ until HR = 150, then + 35 W • 2 min ⁻¹ Cycling, TTE 90% $\dot{V}O_{2max}$	0.6	60 min, 3 days/week, 6 weeks	4 min @ 90% $\dot{V}O_{2max}$ (2 min rest) × 10	–1.2	–9.5	–	–/– 68.8
Ploutz-Snyder et al. [36]	23	45	19 (0)	Cycling, incremental + 35 W • 2 min ⁻¹	0.7	40 min, 5 days/week, 5 weeks	Cycling @ 70% HR _{max}	–	29.9	–	–/–

F_IO₂ fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, HR heart rate, TTE time to exhaustion, $\dot{V}O_{2max}$ maximal oxygen consumption, $\dot{V}O_{2peak}$ peak oxygen consumption, HR_{max} maximal heart rate

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

^bImproved performance indicated by greater performance on post-test in normoxia

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
 © Springer International Publishing AG 2017

Table 6 Summary of investigations that evaluated hyperoxia as a recovery intervention for subsequent performance


Reference	Age, years	$\dot{V}O_{2max}$ (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	Total no. of participants (no. of females)	Exercise	F _i O ₂	Recovery intervention	Rest interval	Performance ^{a,b}	$\dot{V}O_2^a$	HR ^a	Capillary/blood lactate ^a	CaO ₂ /PaO ₂ ^a	S _p O ₂ /S _a O ₂ ^a
Kay et al. [27]	21	–	12 (0)	Cycling, 30 s Wingate	1.0	4 min	4 min	4.4	–/–	–/–	–/–	–/–	–/–
Kay et al. [27]	21	–	12 (0)	Cycling, 30 s Wingate	0.6	4 min	4 min	–3.3	–/–	–/–	–/–	–/–	–/–
Peeling and Andersson [24]	24	–	8 (3)	Swimming, 20 × 200 m	0.995	2 × 10 min	12 h	–0.5	–	–2.7	–7.5/–	–/–	–/–
Robbins et al. [29]	28	60	13 (0)	Treadmill running, increasing +2% grade • 30 s ⁻¹	1.0	4 min	4 min	3.9	– 9.0	–1.8	–/–	–/–	–/–
Sperlich et al. [61]	21	–	12 (0)	Swimming, 40 maximal ‘butterfly strokes’	1.0	6 min	6 min	4.2	–	–	0/–	–/–	–/3.1
Sperlich et al. [28]	25	65	10 (0)	Cycling, 30 s all-out @ 120 rpm	1.0	6 min	6 min	3.6	–	–	–/2.6	–/20	–/–
Winter et al. [87]	26	65	12 (0)	Treadmill running, 8.5 mph, +2% grade • 60 s ⁻¹	1.0	4 min	3–4 h	5	–	–	–/3.6	–/–	–/–
Zinner et al. [88]	25	62	10 (0)	Double-poling, 3 min	1.0	3 min	3 min	2.5	–	–	–/– 8.5	–/72.3	–/5.5

$\dot{V}O_{2max}$ maximal oxygen consumption, F_iO₂ fraction of inspired oxygen, $\dot{V}O_2$ oxygen consumption, HR heart rate, C_aO₂ arterial oxygen content, P_aO₂ partial pressure of oxygen, S_pO₂ estimated oxygen saturation, S_aO₂ arterial oxygen saturation, rpm revolutions per minute

^aPercentage change in variable of hyperoxia relative to control

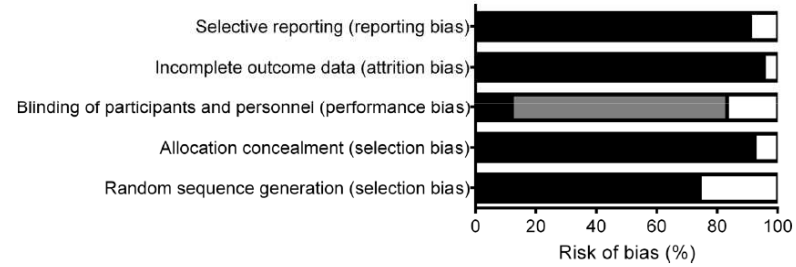
^bImproved performance indicated by greater performance in post-test

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

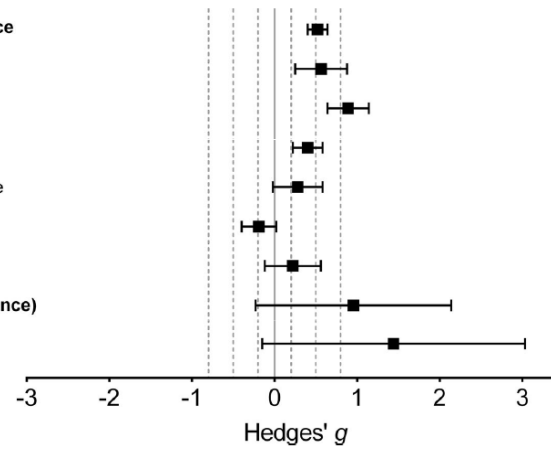
Published online: 3 October 2017
© Springer International Publishing AG 2017

Fig. 2 Risk of bias assessment. *Black* indicates low risk; *Grey* indicates moderate risk; *White* indicates high risk



Overall performance

- TT performance
- TTE performance
- GXT performance
- Muscle performance
- RPE (exercise)
- Recovery
- Training (performance)
- Training (VO_{2max})



Nejasnosti

– Frakční inspirace koncentrace kyslíku (FiO₂)

- (FiO₂) C 0,30 je dostatečná ke zvýšení obecného výkonu
- je zapotřebí více studií, aby bylo možné stanovit co nejvíce prospěšné modality tréninku a vhodné kombinace vyššího tréninkového stresu a zotavení
- **Dobry zdroj pro pochopení principu FiO₂**
- <http://sestryvip.studentiguh.cz/kyslik/>

Sports Med (2018) 48:153–175
<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0791-2>



SYSTEMATIC REVIEW

The Effects of Hyperoxia on Sea-Level Exercise Performance, Training, and Recovery: A Meta-Analysis

Matthew M. Mallette¹ · Desmond G. Stewart¹ · Stephen S. Cheung¹ 

Published online: 3 October 2017
© Springer International Publishing AG 2017

Rizika

- může vést k plicnímu zánětu, otokům a poranění tkání (biotrauma)
- obvykle vede suplementace kyslíkem ke zvýšeným a nadpřirozeným hladinám PaO₂
- arteriální hyperoxie u většiny vyvolává vazokonstrikci cévního řečiště - riziko, když je narušena perfúze orgánů
- hyperoxie má silný potenciál vyvolat hemodynamické změny, poškození plic a toxicitu kyslíku volnými O₂ radikály (mají důležitou roli v buněčné signalizaci a homeostáze)
 - když jsou antioxidační systémy nedostatečné, hyperoxie může způsobit akumulaci kyslíkových radikálů a může iniciovat toxicitu.
- škodlivé účinky na centrální nervový systém a intoxikaci plic.



The handle <http://hdl.handle.net/1887/58768> holds various files of this Leiden University dissertation

Author: Helmerhorst, H.J.F.

Title: The effects of oxygen in critical illness

Issue Date: 2017-10-04