

Wpływ średnich stężeń tlenu na wysiłek fizyczny i psychiczny.

dr n. med. Adam Wylęgała¹

Tlenoterapia od wielu lat jest nieodłączną metodą leczenia chorób sercowo naczyniowych i zaburzeń oddechowych. Jednakże zastosowanie tlenu nie ogranicza się jedynie do leczenia, tlenoterapia ma ogromne potencjał w zwiększaniu zdolności psychicznych i fizycznych organizmu człowieka[1]. Po przejściu organizmu ze stanu odpoczynku w stan wysiłku fizycznego, gwałtownie wzrasta zapotrzebowanie na ATP, które ze względu na brak dostępności tlenu, nie może być wytwarzane w cyklu fosforylacji oksydacyjnej. Kolejnym substratem potrzebnym do skurczu mięśni jest kreatynina. ATP potrzebne jest włóknom mięśniowym do fosforylacji kreatyniny, z której powstaje fosfokreatyna, niezbędna do skurczu mięśni w początkowych fazach wysiłku. Brak tlenu powoduje, że komórki mięśniowe przestawiane są na oddychanie beztlenowe; mniej wydajne i prowadzące do gromadzenia się mleczanów i zakwaszenia mięśni. Różnica między wymaganym stężeniem tlenu a dostarczonym do organizmu nazywana jest długiem lub deficytem tlenowym[2]. Podsumowując dostarczenie tlenu jest niezbędne do przeprowadzenia wysokoenergetycznych procesów metabolicznych takich jak skurcz mięśni.

Zwiększone stężenie tlenu w tkankach nazywamy hiperoksją. Istnieje kilka możliwości podwyższenia stężenia tlenu w organizmie, jednym z nich jest przebywanie w komorze hiperbarycznej lub wdychanie powietrza o zwiększonym stężeniu tlenu ponad zawartość znajdującą się w powietrzu atmosferycznym $FiO_2 > 20,93\%$. W warunkach hipoksji wytwarzana jest czynnik indukowany hipoksją 1- α (HIF-1- α). HIF-1 α powoduje tworzenie nowych naczyń krwionośnych, waskularyzację oraz glikolizę. HIF-1 α jest aktywowany także podczas urazów powstałych np. w trakcie uprawiania sportu. Czynnik ów zwiększa: przepływ krwi poprzez poszerzenie naczyń, ciśnie parcjalne tlenu we krwi i powoduje przyspieszenie syntezy proteoglikanów i fibronektyn oraz produkcję kolagenu. Niestety wraz ze

¹ Oddział Okulistyki z Pododdziałem Okulistyki Dziecięcej i

zwiększaniem przepływu narasta obrzęk, a wraz ze wzrostem syntezy kolagenu i proteoglikanów tworzą się blizny. Podwyższenie stężenia tlenu we krwi spowoduje więc zmniejszenie syntezy HIF-1 α w konsekwencji szybsze gojenie się kontuzji, zmniejszanie się obrzęku i bólu. Istotą leczniczego mechanizmu stojącego za termoterapią i masażem jest właśnie zwiększenie dostępności tlenu w tkankach[3]. W ostatnim czasie na rynku obecne stały się metalowe kanistry zawierające tlen w stężeniu od 95%-99,5%. Jak wynika z prac prof. Sucheta i dr. Sikory wdychanie tlenu z pojemników Oxywatt® doprowadzi do uzyskania stężenia 30,62 %[4]. Wartość ta jest bezpieczna dla zdrowia podczas wdychania tlenu nie zaobserwowano objawów zasadowicy oddechowej takich jak: skurcze mięśniowe tachykardia czy omdlenia[5]

Wdychanie tlenu powoduje wzrost prężności parcjalnego tlenu u wioślarzy[6], rowerzystów o 10 %[7] oraz biegaczy, u których w grupie oddychających 40% tlenem wykazano zmniejszenie się spadku pH (kwasicy) fizjologicznie występującej podczas wysiłku fizycznego.[8] Wdychanie 30 % tlenu powoduje zwiększenie wydzielania CO₂ co interpretowane jest jako zwiększenie wytarzania ATP w procesie fosforylacji oksydacyjnej[9].

Jedną z pierwszych prac poświęconą wpływowi tlenu na wysiłek fizyczny polegała na podawaniu grupie badanej tlenu o różnym stężeniu podczas maksymalnego biegu na bieżni. Przy wdychaniu 40% tlenu następował wzrost długości czasu biegu do 300 s w porównaniu z 250 s przy wdychaniu powietrza[10]. Kolejne badanie wykazało, że wdychanie 30% tlenu podczas wiślowania na ergometrze powoduje podwyższenie pułapu tlenowego. Również grupa przyjmująca tlen uzyskiwała wyższe wartości pH we krwi oraz wyższe stężenie tlenu we krwi[6]. Ponadto wdychanie 30% tlenu powoduje obniżenie częstości skurczów serca średnio o około 5 uderzeń na minutę w porównaniu z wdychaniem tlenu zawartego w powietrzu atmosferycznym. Zwiększenie stężenia tlenu w organizmie powoduje spowolnienie metabolizmu w mięśniu sercowym co pozwala na dłuższy wysiłek [11]. Dzięki obniżeniu zarówno częstości oddechów jak i pracy serca możliwe jest zwiększenie częstości (długości) wysiłku. W innym badaniu sportowcy wdychali 30 % tlen w czasie interwałów podczas wykonywania testu Wingate polegającym na wykonywaniu maksymalnego wysiłku na cykloergometrze. Po rozgrzewce następował 30 s test Wingate po czym, przechodzono w okres relaksacji trwający 8 min. W tym czasie sportowcy wykonywali 8 oddechów trwających ok 2s. w grupie badanej zawierający tlen z jednorazowego kanistra podobnego do Oxywatt®

w grupie kontrolnej zaś powietrze. Po upływie czasu następował kolejny wysiłek fizyczny. Badanie wykazało zmniejszenie różnicy maksymalnej mocy pomiędzy pierwszym a drugim testem w grupie oddychającej tlenem. Również średnia moc wykonywana podczas badania była wyższa w grupie badanej. Wykazano również mniejsze uczucie zmęczenia wśród osób oddychających tlenem oraz mniejsze stężenie mleczanów i obniżenie średniej ilości skurczów serca[5]. Kolejnym efektem działania tlenu jest zmniejszenie stresu oksydacyjnego czyli stężenia wolnych rodników wytwarzanych podczas wysiłku. Badanie krwi zawodowych sportowców biegnących na bieżni podczas wdychania tlenu wykazały zmniejszenie stężenia dehydrogenazy mleczanowej oraz aldehydudimalonowego (MOD) w grupie wdychającej 30% tlen. Dehydrogenaza mleczanowa jest biomarkerem syntetyzowanym podczas długu tlenowego i powoduje przejście pirogronianiu w mleczan zakwaszając mięśnie. Spadek MOD oznacza, iż podawanie 30% tlenu zmniejsza stężenie wolnych rodników dodatkowo uszkadzających mięśnie podczas wysiłku[12]. Podawanie 50% tlenu podczas zarówno średniego jak i dużego wysiłku powoduje utrzymywanie się saturacji na stałym poziomie[13]. Wdychanie 30% tlenu podnosi wentylację minutową o 21%.[14]. Wdychanie przez dwie minuty tlenu powoduje przejściową hiperoksję utrzymującą się trzykrotnie dłużej od czasu podawania tlenu.[15] Hiperoksja u wioślarzy skracała czas potrzebny do przepłynięcia 2500 m o 11 sekund. Wioślarze również zużyli więcej energii 375 W w porównaniu do 352 W zużywanych podczas wdychania tlenu atmosferycznego. [16]. Wdychanie 30% tlenu podczas jazdy na cykloergometrze powodowało obniżenie częstości akcji serca w porównaniu z grupą oddychającą 21% tlenem. Badacze nie zaobserwowali zmian w poziomie wysycenia tlenem hemoglobiny co wiąże się ze spadkiem przepływu krwi u osób oddychających tlenem. Efekt ten był widoczny zarówno podczas wysiłku jak i podczas odpoczynku. [17]

Ponadto wdychanie tlenu może mieć wpływ na zdolności umysłowe. Podczas podawania 30% tlenu uczestnikom badania polecono wykonywać przystosowane zadania wzrokowo-przestrzenne. Równocześnie wykonywano obrazowanie mózgowia rezonansem magnetycznym o wysokiej rozdzielczości. U siedmiu na ośmiu uczestników wykazano polepszone zdolności wzrokowo przestrzenne podczas podawania 31 % tlenu. Badanie w rezonansie magnetycznym ujawniło zwiększenie aktywności obszarów mózgowia odpowiedzialnych za zapamiętywanie orientację przestrzenną oraz koordynację wzrokową[18].

Podawanie tlenu z jednorazowego pojemnika bezpośrednio przed zadaniem polegającym na zapamiętaniu listy słów powodowało statystycznie znaczne zwiększenie liczby zapamiętanych słów zarówno 10 min jak i 24 h po rozpoczęciu badania. Efekt zwiększonego przyswajania informacji po podaniu tlenu był zauważalny, lecz uczestnicy, którzy nie otrzymali tlenu bezpośrednio przed obejrzeniem listy słów a jedynie przed przypominaniem nie wykazali zwiększonych umiejętności. Badacze sądzą iż zwiększone stężenie tlenu przed wysiłkiem umysłowym powoduje uaktywnienie obszarów mózgu odpowiedzialnych za konsolidację pamięci oraz koncentrację [19].

Dzięki podawaniu 30% tlenu podczas czytania słów doprowadzało do zapamiętywania 22% więcej słów w porównaniu z grupą oddychającą powietrzem atmosferycznym. Czas reakcji był nieznacznie krótszy u osób oddychających wyższym stężeniem tlenu. [20] Podobnie tlen wpływa na zmniejszenie czasu reakcji, czasu potrzebnego do rozpoznania obrazów, czas podjęcia decyzji czy potrzebny do obliczeń matematycznych. Również badacze wykazali pozytywny wpływ tlenu na pamięć długotrwałą. [21] Podobne wnioski płyną z badań przeprowadzonych przez Chung i wps. Podawanie tlenu obniża czas reakcji związanej z rozpoznawaniem wzorów. [22]

Winder i Borill porównywali efekty tlenu i glukozy na grupie zdrowych 104 dorosłych. Okazuje się, iż jedynie tlen w przeciwieństwie do glukozy ma wpływ na pamięć długotrwałą[23]. Scholey i wps. Próbowali oszacować optymalny czas potrzebny do uzyskania efektu lepszego zapamiętywania. Okazuje się że efekt ten jest widoczny na 5 min. i 2 min przed zapamiętywaniem jak również bezpośrednio przed czytaniem słów do zapamiętywania. Natomiast wdychanie tlenu 10 min przed zapoznaniem się ze słowami nie miało wpływu na pamięć. [15]

Podsumowanie.

Wpływ tlenu na efektywność wysiłku fizycznego jest dobrze udokumentowany w licznych pracach naukowych. Tlen przyjmowany nawet w stężeniu 30% powoduje obniżenie stężenia mleczanów, akcji serca, przyspiesza regenerację mięśni, zmniejsza stężenie wolnych rodników. Wdychanie tlenu powoduje podwyższenie pułapu tlenowego. Dodatkowo zażywanie tlenu przyczynia się do zwiększenia maksymalnego wysiłku, zarówno jego mocy

jak również długości trwania. Co więcej widoczne są efekty tlenu na wysiłek umysłowy. Wdychanie tlenu ma wpływ na zdolności zapamiętywania, koncentracje oraz szybkość reakcji, co może być zastosowane w sportach wymagających refleksu. Tlen posiada właściwości przyspieszania gojenia się ran oraz wpływa na szybsze leczenie ze zmęczenia. Zmęczenie spowodowane jest przez wyczerpanie się surowców energetycznych, nagromadzenie się produktów rozpadu i nieprawidłowości w metabolizmie. Dostarczenie podwyższonego stężenia tlenu promuje wzrost produkcji ATP i przemiany metabolitów.

Efekt spadku częstości skurczów serca i oddechów można wykorzystać podczas przerw pomiędzy ćwiczeniami, uzyskując bardziej efektywny odpoczynek. Również robiąc kilka wdechów na 20 min przed zaśnieciem przyczynia się do zwiększenia regeneracji. Ten efekt potwierdzają obserwacje poszczególnych zawodników.

„Biegając na treningu kilka razy krótkie bardzo intensywne odcinki biegowe, tlen wdychałam w czasie przerw- około 5 wdechów na każdej przerwie. Czułam, że lepiej dotlenia to moje płuca, uspokaja oddech oraz przyspiesza odprowadzanie zmęczenia z mięśni nóg. Zauważyłam też większe skupienie uwagi na wykonywanych ćwiczeniach. Stosowałam również tlen podczas długo kilometrażowych tras biegowych. Po przebiegnięciu kilku kilometrów wdychałam około 3-5 głębokich wdechów. Czułam, że usprawnia to mój układ oddechowy, wpływa na wzrost wydolności i wytrzymałości. Zaobserwowałam też obniżenie tętna i uspokojenie oddechu”.

Na podstawie badań i prezentowanej literatury należy wykonywać ok 5 wdechów z pojemnika Oxywatt® trwających 1-2s każdy aby uzyskać pozytywne efekty.

1. Wylęgała A.: The Effects of Physical Exercises on Ocular Physiology *J. Glaucoma*, 25, pp. e843–e849 (2016)
2. Stanisław Konturek: Konturek Fizjologia człowieka. Podręcznik dla studentów medycyny, wyd. II- - Books on Google Play, Elsevier Health Sciences, Wrocław, (2013)
3. Ishii Y., Deie M., Adachi N., Yasunaga Y., Sharman P., Miyanaga Y., Ochi M.: Hyperbaric Oxygen as an Adjuvant for Athletes Sport. *Med.*, 35, pp. 739–746 (2005)
4. Sucheta A., Sikora K.: Wyznaczanie stężenia tlenu w inhalatorze OXYWATT, AKADEMIA TECHNICZNO-HUMANISTYCZNA w BIELSKU-BIAŁEJ, Bielsko-Biała,
5. Suchý J., Heller J., Bunc V.: The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercise *Biol. Sport*, 27, pp. 169–175 (2010)
6. NIELSEN, MADSEN, SVENDSEN, ROACH, SECHER: The influence of PaO₂, pH and SaO₂ on maximal oxygen uptake *Acta Physiol. Scand.*, 164, pp. 89–97 (1998)
7. Knight D.R., Schaffartzik W., Poole D.C., Hogan M.C., Bebout D.E., Wagner P.D.: Effects of hyperoxia on maximal leg O₂ supply and utilization in men *J. Appl. Physiol.*, 75, (1993)
8. Nummela A., Hamalainen I., Rusko H.: Effect of hyperoxia on metabolic responses and recovery in intermittent exercise *Scand. J. Med. Sci. Sport.*, 12, pp. 309–315 (2002)
9. Prieur F., Busso T., Castells J., Bonnefoy R., Benoit H., Geysant A., Denis C.: Validity of oxygen uptake measurements during exercise under moderate hyperoxia. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30, pp. 958–62 (1998)
10. Wilson G.D., Welch H.G.: Effects of hyperoxic gas mixtures on exercise tolerance in man. *Med. Sci. Sports*, 7, pp. 48–52 (1975)
11. Chung S.C., Lee B., Tack G.R., Yi J.H., Lee H.W., Kwon J.H., Choi M.H., Eom J.S., Sohn J.H.: Physiological mechanism underlying the improvement in visuospatial performance due to 30% oxygen inhalation *Appl. Ergon.*, 39, pp. 166–170 (2008)

12. HAN S.-W., KIM H.-R., LIM S.-G., Kim C.-S.: Effects of high concentration oxygen intake on muscle damage and oxidative stress after exhaustive exercise *J. Exerc. Nutr. Biochem.*, 6, pp. 20–27 (2011)
13. Wilkerson D.P., Berger N.J.A., Jones A.M.: Influence of hyperoxia on pulmonary O₂ uptake kinetics following the onset of exercise in humans *Respir. Physiol. Neurobiol.*, 153, pp. 92–106 (2006)
14. Becker H.F., Polo O., McNamara S.G., Berthon-Jones M., Sullivan C.E.: Effect of different levels of hyperoxia on breathing in healthy subjects *J. Appl. Physiol.*, 81, (1996)
15. Scholey A.B., Moss M.C., Wesnes K.: Oxygen and cognitive performance: the temporal relationship between hyperoxia and enhanced memory *Psychopharmacology (Berl.)*, 140, pp. 123–126 (1998)
16. Peltonen J.E., Rantamäki J., Niittymäki S.P., Sweins K., Viitasalo J.T., Rusko H.K.: Effects of oxygen fraction in inspired air on rowing performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27, pp. 573–9 (1995)
17. Chung S.C., You J.H., Yi J.H., Sohn J.H.: Influence of 30% Oxygen on Heart Rate and SPO₂ during Cycle Exercise in Healthy Subjects *Korean J. Sci. Emot. Sensib.*, 9, pp. 1–7 (2006)
18. Chung S.C., Tack G.R., Lee B., Eom G.M., Lee S.Y., Sohn J.H.: The effect of 30% oxygen on visuospatial performance and brain activation: An fMRI study *Brain Cogn.*, 56, pp. 279–285 (2004)
19. Moss M.C., Scholey A.B.: Oxygen administration enhances memory formation in healthy young adults *Psychopharmacology (Berl.)*, 124, pp. 255–260 (1996)
20. Chung S.-C., Lim D.-W.: Changes in memory performance, heart rate, and blood oxygen saturation due to 30% oxygen administration. *Int. J. Neurosci.*, 118, pp. 593–606 (2008)
21. Moss M.C., Scholey A.B., Wesnes K.: Oxygen administration selectively enhances cognitive performance in healthy young adults: a placebo-controlled double-blind

crossover study *Psychopharmacology (Berl)*, 138, pp. 27–33 (1998)

22. Chung S.-C., Tack G.-R., Choi M.-H., Lee S.-J., Choi J.-S., Yi J.-H., Lee B., Jun J.-H., Kim H.-J., Park S.-J.: Changes in reaction time when using oxygen inhalation during simple visual matching tasks *Neurosci. Lett.*, 453, pp. 175–177 (2009)
23. Winder R., Borrill J.: Fuels for memory: the role of oxygen and glucose in memory enhancement *Psychopharmacology (Berl)*, 136, pp. 349–356 (1998)