



Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu
Wydział Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji

ANNA KASPERSKA

**POTENCJAŁ REGENERACYJNY MIĘŚNI SZKIELETOWYCH
W TRENINGU SPORTOWYM I HIPOKSYJNYM**

Praca doktorska

Promotor
dr hab. prof. UZ Agnieszka Zembroń-Łacny

Poznań, 2014

STRESZCZENIE

Proces regeneracji i reorganizacji mięśni szkieletowych u osób wykonujących wysiłek fizyczny wymaga udziału szeregu cząsteczek wydzielanych przez komórki mięśniowe i towarzyszące im komórki macierzyste (ang. *stem cells*) oraz obecne w tkance mięśniowej, komórki immunologiczne i komórki śródbłonka naczyń krwionośnych. Do tych cząsteczek należą, m.in. czynniki wzrostu, takie jak IGF-I (ang. *insulin-like growth factor I*), PDGF^{BB} (ang. *platelet-derived growth factor, isoform BB*), BDNF (ang. *brain-derived neurotrophic factor*), VEGF (ang. *vascular endothelial growth factor*) i HGF (ang. *hepatocyte growth factor*) i EPO (ang. *erythropoietin*) oraz reaktywne formy tlenu i azotu (ang. *reactive oxygen and nitrogen species*, RONS) - głównie nadtlenek wodoru (H₂O₂) i tlenek azotu (NO). Kumulacja RONS w uszkodzonych włóknach mięśniowych uruchamia szlaki sygnalizacyjne, które wywołują zwiększoną syntezę czynników wzrostu, a w efekcie odbudowę i adaptację mięśni szkieletowych do intensywnego wysiłku fizycznego. Wytwarzanie H₂O₂ i NO w tkankach może być modulowane przez wysiłek fizyczny oraz hipoksję hipobaryczną w formie treningu wysokościowego (ang. *altitude training*) lub normobaryczną polegającą na sztucznym obniżaniu procentowego udziału tlenu w mieszance oddechowej, m.in. za pomocą hipoksykatorów stosowanych podczas treningu hipoksyjnego metodą przerywaną (ang. *intermittent hypoxic training*, IHT).

Celem badań była ocena zmian poziomu wybranych zewnątrzkomórkowych wskaźników aktywności proliferacyjnej komórek macierzystych mięśni szkieletowych (RONS i czynniki wzrostu) oraz wykazanie zależności między rodzajem treningu sportowego a potencjałem regeneracyjnym mięśni. Ponadto podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu hipoksja normobaryczna wpływa na wzmocnienie odbudowy mięśni szkieletowych.

Badania przeprowadzono z udziałem 11-osobowej grupy zapaśników reprezentacji Polski w stylu klasycznym (wiek $22,2 \pm 3,3$ lata), w rocznym cyklu treningowym, w okresach: przygotowawczym, przedstartowym i startowym. Poszczególne etapy treningu sportowego charakteryzowały się różnymi obciążeniami i różnym stopniem uszkodzenia mięśni szkieletowych. Krew żylną pobierano codziennie, w godzinach rannych na czczo, po wykonaniu pomiaru składu ciała i 24 godziny po zaobserwowaniu wysokiej aktywności kinazy kreatynowej (CK). We krwi oznaczono stężenie H_2O_2 , NO, IGF-I, PDGF^{BB} i BDNF oraz całkowitą aktywność kinazy kreatynowej (CK), jako wskaźnika uszkodzenia mięśni. W kolejnym rocznym cyklu treningowym, do okresu startowego włączono 10-dniowy trening hipoksji przerywanej (kontrola $n = 6$, hipoksja $n = 6$). Trening IHT odbywał się raz dziennie w godzinach wieczornych, co najmniej 2 godziny po treningu sportowym. Krew żylną pobierano przed pierwszą sesją IHT, po 6 i kolejnych 4 sesjach IHT. We krwi oznaczono stężenie H_2O_2 , NO, IGF-I, PDGF^{BB}, BDNF i aktywność CK oraz dodatkowo wykonano pomiary stężenia VEGF i EPO. Dokonano także analizy morfologii krwi (Hb, Htc, RBC, WBC i Ret).

Podczas treningu sportowego, w okresie przygotowawczym zaobserwowano najwyższe stężenie H_2O_2 i PDGF^{BB}, w okresie przedstartowym najwyższe stężenie IGF-I i BDNF, w okresie startowym najwyższe stężenie NO. Wysoki poziom H_2O_2 , NO i PDGF^{BB} był związany z wysokim stopniem uszkodzenia mięśni podczas zgrupowania w okresie przygotowawczym i startowym ($CK > 2000$ IU/L). Zmiany stężenia H_2O_2 korelowały ze stężeniem PDGF^{BB} ($r = 0,358, P < 0,05$), podczas gdy zmiany stężenia NO istotnie korelowały z czynnikami wzrostu ($NO/IGF-I r = -0,544, NO/PDGF^{BB} r = -0,367, NO/BDNF r = -0,539$). Procent zmian aktywności CK (wzrost %CK) istotnie korelował ze wszystkimi badanymi wskaźnikami aktywności proliferacyjnej komórek satelitarnych.

Trening hipoksyjny wywołał statystycznie istotny wzrost stężenia H_2O_2 i IGF-I po 6 dniach IHT, wzrost stężenia NO, PDGF^{BB} i VEGF po 6 i kolejnych 4 dniach IHT. IHT nie spowodował zmian stężenia czynnika BDNF. Trening IHT nie wywołał także istotnych zmian stężenia Hb, Htc i liczby RBC, natomiast spowodował istotny wzrost liczby WBC i Ret oraz stężenia EPO. Liczba WBC i stężenie EPO osiągnęło najwyższe wartości po 6 dniach IHT, po kolejnych 4 dniach uległo obniżeniu. Liczba Ret zwiększyła się około 3-krotnie po 6 dniach i 4,5-krotnie po 10 dniach IHT.

Przeprowadzone badania pokazują wyraźny wpływ treningu sportowego na zmiany stężenie RONS i czynników wzrostu w zależności od rodzaju treningu i poziomu uszkodzeń mięśni szkieletowych. Trening hipoksyjny metodą przerywaną nasila uszkodzenie mięśni, zwiększa generację RONS i uwalnianie czynników wzrostu, zaangażowanych w odbudowę włókien mięśniowych.