

STRESZCZENIE

FIZJOLOGICZNE I BIOCHEMICZNE ASPEKTY NIEDOTLENIENIA KOŃCZYNY GÓRNEJ PODDANEJ WYSIŁKOWI FIZYCZNEMU

Bartosz Trawiński

Sprawność zaopatrzenia pracujących mięśni w tlen determinuje rodzaj ścieżki metabolicznej, która będzie dominowała w komórkach tej tkanki. Do zaburzeń spowodowanych niedoborem tlenu może dojść w wyniku niedotlenieniem lub niedokrwienia. Niedokrwienie mięśni nie manifestuje się jakimikolwiek symptomami, przynajmniej w początkowym okresie. Kiedy jednak mięsień niedostatecznie zaopatrywany w krew, zmuszony jest do wykonania pracy, dochodzi do wystąpienia bólu. Ból mięśni może mieć różną etiologię, jednak w każdym przypadku indukowany jest przez bodźce, które bezpośrednio lub pośrednio prowadzą do podrażnienia nocyceptorów rozmieszczonych w tkance mięśniowej. Te zakończenia wolnoprzewodzących włókien nerwowych w mięśniu szkieletowym nie są aktywowane podczas normalnych, czyli fizjologicznych skurczów. Dochodzi do tego natomiast przy skurczach wykonywanych w warunkach niedotlenienia, w wyniku zadziałania silnego, lokalnego nacisku, ponad fizjologicznego rozciągnięcia mięśnia, oddziaływania wysokiej temperatury, zmiany pH lub w stanach zapalnych.

Aby określić następstwa ograniczonego dostępu tlenu do mięśni szkieletowych przeprowadzono badania na 43 młodych, zdrowych mężczyznach, ochotnikach, którzy zakwalifikowani zostali do 4 grup doświadczalnych: B1 - studenci (1 wysiłek fizyczny w warunkach niedotlenienia), B2 - studenci (2 wysiłki fizyczne w warunkach niedotlenienia), B3 - zawodnicy futbolu amerykańskiego (1 wysiłek fizyczny w warunkach niedotlenienia), K - studenci (1 wysiłek fizyczny w warunkach normalnych). Wysiłek fizyczny, który wykonywali probanci obejmował powtarzany, rytmiczny i kontrolowany ucisk dynamometru ręcznego. Był on ustalany indywidualnie i wynosił 40% średniej wartości siły ucisku zmierzonego kontrolnie podczas wcześniejszych pomiarów. Proband przy zaciśniętej opasce uciskowej wykonywał wysiłek do momentu wystąpienia u niego bólu w mięśniach przedramienia (ocena subiektywna) lub stwierdzenia braku możliwości wykonania kolejnego zaciśnięcia dynamometru (ocena obiektywna). Niedotlenienie tkanki mięśniowej kończyny górnej uzyskiwano za pomocą opaski uciskowej standardowego urządzenia do pomiaru ciśnienia krwi. Wysokość zastosowanego ciśnienia w opasce uciskowej ustalano indywidualnie dla każdej z badanych osób, na podstawie wcześniejszych pomiarów ciśnienia krwi. W badaniach przyjęto 150% wartości zbadanego ciśnienia skurczowego. Krew pobierano z żyły przed i po wysiłku fizycznym w celu określenia zmian wskaźników biochemicznych (kwas mlekowy, albuminę modyfikowaną niedotlenieniem (IMA), albuminę, kinazę kreatynową) oraz wskaźników hematologicznych krwi (leukocyty i ich frakcje). W pobranej krwi analizowano również wybrane wskaźniki charakteryzujące równowagę kwasowo-zasadową (pO_2 , pCO_2 , pH, HCO_3^-). Przeprowadzono też trzy testy oceniające odbiór bodźców

sensorycznych, oparte na protokole QST: dotykowy próg detekcji (*mechanical detection threshold*), próg wibracji (*vibration detection threshold*), próg bólu uciskowego (*pressure pain threshold*). Za pomocą kamery termowizyjnej rejestrowano temperaturę dłoni przed i po wysiłku fizycznym.

Przeprowadzone badania nie spowodowały istotnych zmian wybranych wskaźników równowagi kwasowo-zasadowej (pO_2 , pCO_2 , pH, HCO_3^-). Stwierdzono, że koncentracja mleczanu oznaczana w grupach, w których wykonywano wysiłek fizyczny w warunkach niedotlenienia uległa zwiększeniu o 39%, 28% i 49% odpowiednio w grupach B₁, B₂, B₃ ($p < 0,05$). W grupach poddanych wysiłkowi fizycznemu w warunkach niedotlenienia (B₁, B₂, B₃) aktywność IMA wzrosło odpowiednio o 50%, 41%, 84%, natomiast w grupie kontrolnej o 17%. Stężenie albumin nie podlegało tak znacznym zmianom i zwiększyło się nieznacznie w grupach B₁, B₂, B₃ i K, odpowiednio o 2%, 5%, 8% i 4%. Nie odnotowano istotnych statystycznie zmian w aktywności kinazy kreatynowej w badanych grupach. Obliczone różnice w zakresie dotykowego progu detekcji badanego przed i po wysiłku były najmniejsze w grupie K, natomiast w grupie B₃ (zawodnicy futbolu amerykańskiego), a szczególnie w grupie B₂ (powtórzenie wysiłku), znacznie wzrosły ($p < 0,05$).

Stwierdzono, że próg wibracji uległ obniżeniu u badanych osób we wszystkich grupach poddanych pomiarom, zarówno w warunkach fizjologicznych jak i w warunkach niedokrwienia kończyny górnej. Wartość charakteryzująca uciskowy próg bólu uległa podwyższeniu w warunkach niedotlenienia w grupach B₁ i B₃ (wysiłek fizyczny + niedotlenienie) natomiast zmniejszyła się w grupie B₂ i K ($p < 0,05$). Uzyskane wyniki wskazują, że wysiłek fizyczny przeprowadzony w warunkach niedotlenienia spowodował wzrost ogólnej liczby leukocytów w grupach B₁, B₂, B₃ odpowiednio o 9%, 13% i 14%. Jedynie w grupie kontrolnej stwierdzono nie tylko brak wzrostu ich liczby, a nawet zmniejszenie populacji o około 2%. U osób poddanych wysiłkowi fizycznemu w warunkach niedotlenienia (B₁, B₂, B₃) stwierdzono obniżenie temperatury palców od 6°C do 10°C. W grupie kontrolnej różnica temperatur wyniosła tylko 1°C. Zaobserwowane obniżenie temperatury dłoni było istotne statystycznie w grupach B₁, B₂.

W badaniach przeprowadzono analizę statystyczną, na podstawie uzyskanych korelacji uzyskano trzy modele regresji. Stwierdzono, że zmiany uciskowego progu bólu oraz dotykowego progu detekcji mają związek odpowiednio ze zmianą stężenia mleczanu oraz zmianą temperatury ($p < 0,05$). Natomiast na zmianę pO_2 ma związek zmiana koncentracji mleczanu i czas trwania wysiłku.

Przeprowadzony wysiłek fizyczny kończyny górnej w warunkach niedotlenienia nie doprowadził do istotnych statystycznie zmian wybranych parametrów równowagi kwasowo-zasadowej (pO_2 , pCO_2 , pH, HCO_3^-). Spowodował natomiast zaburzenia percepcji doznań sensorycznych dłoni, co wyraziło się w podwyższeniu dotykowego progu detekcji oraz obniżeniu progu wibracji. Niewykluczone, że czynnikami usposabiającymi były w tym przypadku obniżenie temperatury po wysiłku fizycznym w warunkach niedotlenienia, zmiana pH lub/i stężenie mleczanu. Uzyskane wyniki wskazują ponadto, że albumina i kinaza kreatynowa nie są wskaźnikami, które można przyjmować jako wykładniki wysiłku

fizycznego w warunkach niedotlenienia. Natomiast albumina modyfikowana niedotlenieniem może być wskaźnikiem pomocnym do określenia wysiłku fizycznego w warunkach niedotlenienia.