

STRESZCZENIE (Summary in Polish)

Generalny spadek zarówno zdolności termoregulacyjnych, jak i wydolności reprodukcyjnej, wraz z wiekiem jest często opisywanym zjawiskiem u ssaków. Okres rozrodczy u ssaków wymaga wyjątkowo wysokich nakładów energetycznych, zwłaszcza w okresie laktacji. Teoria ograniczenia tempa rozpraszania ciepła (HDL) tłumaczy ograniczenie wydolności reprodukcyjnej jako konsekwencję ograniczonej wydajności w rozpraszaniu nadmiaru ciepła stale generowanego jako produkt uboczny metabolizmu. Głównym celem pracy było sprawdzenie nowatorskiej hipotezy, że spadek wydolności reprodukcyjnej ssaków wraz z wiekiem, wynika z obniżenia wydajności rozpraszania produkowanego ciepła, a więc nasilenia z wiekiem ograniczeń przewidywanych przez teorię HDL. Postawiłam również hipotezę, że u samicy z wysokim tempem metabolizmu są w większym stopniu narażone na problem z rozpraszaniem nadmiaru ciepła w szczycie laktacji. Jako model badawczy, użyłam samicy nornicy rudej (*Myodes glareolus*) z dwóch różnych typów selekcyjnych: z linii selekcionowanych w kierunku wysokiego maksymalnego tempa metabolizmu tlenowego podczas pływania (linie A), które wykazują również podwyższone podstawowe tempo metabolizmu), oraz nieselekcionowanych linii kontrolnych (linie C).

W pierwszej części pracy odpowiedziałam na pytanie, czy selekcja na zwiększony metabolizm tlenowy wpływa na termoregulację oraz starzenie się zdolności termoregulacyjnych nornic. Zmierzyłam spoczynkowe tempo metabolizmu (RMR), tempo utraty wody przez parowanie (*EWL*), oraz temperaturę ciał u młodych (w wieku 4 miesięcy) i u starych (w wieku 22 miesięcy) nornic w siedmiu różnych temperaturach otoczenia (13–32 °C). Spoczynkowe tempo metabolizmu było wyższe w liniach A, niż w liniach C, ale nie zmieniało się wraz z wiekiem niezależnie od grupy selekcyjnej, czy temperatury otoczenia. U starych nornic odnotowano natomiast wyższe *EWL*. Podwyższony współczynnik *EWL/RMR* może oznaczać zmniejszoną wydajność ekstrakcji tlenu w płucach albo zwiększoną przepuszczalność przez skórę. Ten efekt był większy w liniach A, co może wskazywać na ich wyższą podatność na starzenie. Poniżej 32 °C, temperatura ciała nie różniła się między grupami selekcyjnymi ani wiekowymi, ale przy 32 °C temperatura ciała była wyraźnie wyższa u starych nornic z linii A, niż u nornic z innych grup eksperymentalnych. Zgodnie z oczekiwaniami maksymalna termogeneza (mierzona jako maksymalne tempo zużycia tlenu) była niższa u starych nornic z obu grup selekcyjnych, ale wydolność starych nornic z linii

A była taka sama, jak u młodych nornic z linii C. Selekcja w kierunku wysokiego wysiłkowego metabolizmu tlenowego osłabiła więc niekorzystne skutki starzenia się wydolności termoregulacyjnej w zimnych temperaturach, ale kosztem gorszego radzenia sobie w gorących temperaturach przez stare nornice.

Druga część pracy miała na celu sprawdzenie hipotezy, że spadek reprodukcji z wiekiem jest wynikiem starzenia się zdolności termoregulacyjnych w najbardziej kosztownym energetycznie okresie związanym z rozrodem tj. laktacji. Dodatkowo sprawdzałam hipotezę, że selekcja w kierunku wysokiego maksymalnego tempa metabolizmu tlenowego wpływa na nasilanie się wraz z wiekiem spadku zdolności rozpraszania nadmiaru ciepła. Podczas szczytu laktacji wykonano pomiary wydolności reprodukcyjnej i metabolizmu u dorosłych samic z trzech klas wiekowych: młodych (w wieku 4 miesięcy), w średnim wieku (9 miesięcy) oraz starych (w wieku 16 miesięcy). Połowa samic została ogolona w celu uwolnienia ich od ograniczeń rozpraszania ciepła. Zarówno wielkość, masa, jak i tempo wzrostu miotów były niższe u starych samic. Nornice z linii A miały większą wielkość, masę i tempo wzrostu miotów, a także wyższe spożycie pokarmu i wyższe średnie dobowe tempo metabolizmu (*AMDR*) w porównaniu do nornic z linii kontrolnych. Jednakże różnice między grupami selekcyjnymi we wszystkich parametrach wydolności reprodukcyjnej oraz w konsumpcji pokarmu były związane z różnicami w masie ciała matki. Efekt selekcji nie miał również wpływu na spadek wydolności reprodukcyjnej wraz z wiekiem. W czasie szczytu laktacji *AMDR* było wyższe u ogolonych matek. Ta różnica była większa u starych nornic, niż u młodych i w średnim wieku. U samic z dużymi miotami produkcja mleka była wyższa u ogolonych nornic, ale nie stwierdzono istotnego wpływu usuwania sierści na tempo wzrostu miotu. W związku z tym wyniki nie potwierdziły teorii HDL, jak i nie potwierdziły hipotezy łączącej różnice w starzeniu się wydolności reprodukcyjnej z pogorszeniem zdolności termoregulacyjnych, oraz z genetycznie uwarunkowaną różnicą w tempie metabolizmu.

Większość badań dotyczących teorii HDL koncentrowała się na krótkoterminowych skutkach ograniczeń budżetów energetycznych w szczycie laktacji na wydolność reprodukcyjną, ale hipotetyczne długoterminowe efekty w okresie po odstawieniu młodych są w dużej mierze niezbadane. W trzeciej części pracy postawiłam hipotezę, że masa ciała, wydolność termoregulacyjna i cechy sprawności fizycznej potomstwa obniżają się wraz z wiekiem matki. Postawiłam również hipotezę, że spadek „jakości” potomstwa jest związany ze starzeniem się

zdolności do termoregulacji u matek, i że selekcja w kierunku wysokiego maksymalnego tempa metabolizmu również ma wpływ na ograniczenia energetyczne matek w szczycie laktacji. Młode osobniki obu płci, po odstawieniu, zostały wybrane z miotów od matek z obu grup selekcyjnych, z trzech klas wiekowych oraz grup golonych i niegolonych. Kiedy młode osobniki osiągnęły wiek ok. 3 miesięcy zmierzono masę ciała, wysiłkową wydolność tlenową podczas pływania i podczas biegu, wytrzymałość biegową, prędkość sprintu oraz wydolność termoregulacyjną. Nornice z linii selekcionowanych nie były istotnie większe i osiągały generalnie wyższe wartości mierzonej sprawności fizycznej. Jedynie prędkość sprintu nie różniła się między grupami selekcyjnymi. Masa ciała, maksymalna termogeneza oraz parametry sprawności lokomotorycznej dorosłego potomstwa nie obniżały się wraz z wiekiem matki. Podobnie golenie matek nie miało znaczącego wpływu na „jakość” potomstwa. Podsumowując, moje wyniki nie potwierdziły głównej hipotezy, że sprawność fizyczna dorosłego potomstwa zmniejsza się wraz z wiekiem, i że jest to wynik obniżenia zdolności termoregulacyjnych matek.

Podsumowując, praca jest pierwszą, która odnosi się do teorii HDL w kontekście starzenia się. Główne wnioski z pracy, to:

1. Zgodnie z wynikami wcześniejszych badań, zaobserwowano spadek wydolności reprodukcyjnej wraz z wiekiem matki u nornicy rudej. Jednak wiek matek nie miał negatywnego wpływu na jakość ich potomstwa.
2. Zarówno wydolność reprodukcyjna, jak i wydolność ich dorosłego potomstwa nie zostały ograniczone przez spadek rozpraszania ciepła związany z ograniczeniem budżetu energetycznego matek w szczytowym okresie laktacji. Tym samym wyniki nie wspierają teorii HDL, ani nowatorskiej hipotezy łączącej starzenie się wydolności reprodukcyjnej ze starzeniem się zdolności termoregulacyjnych.
3. Selekcja w kierunku wysokiego wysiłkowego metabolizmu tlenowego (związanego również z podwyższeniem podstawowego tempa metabolizmu) nasiliła negatywne konsekwencje spadku tempa rozpraszania nadmiaru ciepła u starych osobników nornicy rudej.
4. Selekcja wpłynęła też na zwiększenie wydolności reprodukcyjnej, ale efekt ten można w dużej mierze przypisać zwiększonej masie ciała u matek z linii selekcionowanych. Selekcja nie miała wpływu na spadek wydolności reprodukcyjnej wraz z wiekiem. Wyniki te nie potwierdziły więc hipotez łączących różnice w starzeniu się reprodukcyjnym z genetycznie uwarunkowanymi różnicami w tempie metabolizmu.