



Uniwersytet w Białymstoku  
Wydział Biologii

Sylwia Buczyńska

**Test hipotezy o ograniczeniach w rozpraszaniu ciepła  
u myszy laboratoryjnych o różnym tempie metabolizmu**

*Rozprawa doktorska*

Promotor: dr hab. Aneta Książek

Białystok, 2023 rok

## Streszczenie

Hipoteza HDL (ang. *Heat Dissipation Limitation Hypothesis*) zakłada, że budżety energetyczne zwierząt są ograniczane przez zdolność do rozpraszania ciepła powstającego jako produkt uboczny procesów metabolicznych. Zgodnie z teorią historii życiowych, jednym z kluczowych cykli, stanowiących istotne obciążenie wydatków energetycznych wśród zwierząt jest rozród. Dlatego też, dotychczasowe testowanie założeń hipotezy HDL, opierało się przede wszystkim na manipulacji gradientem temperatur pomiędzy organizmem a jego otoczeniem z wykorzystaniem modeli zwierzęcych, jakie stanowiły małe ssaki w okresie laktacji.

W swojej pracy proponuję nowe podejście do badań nad ograniczeniami w rozpraszaniu ciepła, polegające na włączeniu idei kompromisów energetycznych. Zakładałam, że jeśli przypuszczenia hipotezy HDL są prawdziwe, dodatkowe obciążenie budżetów laktujących zwierząt kosztami odpowiedzi immunologicznej przybliży matki do ich górnej granicy zdolności do rozpraszania ciepła, a w konsekwencji do ujawniania się kompromisów między tymi funkcjami. Jako model badawczy wykorzystałam linie myszy laboratoryjnych, sztucznie selekcionowane w kierunku wysokiego (H-BMR) i niskiego (L-BMR) tempa metabolizmu podstawowego. Model ten idealnie wpasowuje się w założenia badanego przeze mnie problemu z uwagi na ponad 50% międzyliniową różnicę w BMR, nie pociągającą za sobą zmian w przewodności cieplnej. Co więcej, myszy z linii H-BMR charakteryzują się istotnie większą konsumpcją pokarmu, masą narządów wewnętrznych, temperaturą ciała oraz budują silniejszą odpowiedź immunologiczną przeciwko antygenowi KLH w porównaniu do myszy z linii L-BMR.

Aby przetestować ujawnianie się kompromisów pomiędzy opieką rodzicielską a odpowiedzią immunologiczną, przeprowadziłam trzy komplementarne eksperymenty. W każdym z nich, samice myszy laboratoryjnych pochodzące z dwóch różnych linii selekcyjnych, podczas 14-dniowego okresu laktacji, poddałam działaniu dwóch temperatur otoczenia tj. temperaturze 23°C (stanowiącej warunki kontrolne) oraz temperaturze 30°C, ograniczającej zdolność matek do rozpraszania ciepła. W czasie laktacji kontrolowałam masę i temperaturę ciała samic, ilość spożywanego pokarmu, jego strawność oraz poziom wysiłku rodzicielskiego, oceniany jako tempo przyrostu masy miotu. W szczytowym punkcie laktacji (w moim modelu badawczym jest to okres między 12 a 14 dniem), oceniłam ilość asymilowanej przez matki energii, kaloryczność produkowanego przez nie mleka oraz poziom ich dziennych wydatków

energetycznych. Matki zostały uśmiercone w 14 dniu laktacji, a ich narządy wewnętrzne aktywne metaboliczne oraz limfatyczne (serce, wątroba, nerki, jelito cienkie, brunatna tkanka tłuszczowa, grasica, śledziona i węzły chłonne pachwinowe) zostały zważone i zabezpieczone. W 14 dniu laktacji oceniłam także odpowiedź immunologiczną matek, której miarą był poziom swoistych przeciwciał anti-KLH IgM.

W Eksperymentcie 1 laktujące samice były golone w 6 i 10 dniu laktacji w celu podniesienia ich zdolności do oddawania ciepła. Zakładałam, że matki z usuniętą sierścią, poddane ekspozycji do wysokiej temperatury otoczenia, będą wychowywać szybciej przyrastające mioty w stosunku do matek niegolonych, przy czym wzrost ten będzie zależał od linii selekcyjnej. Wyniki pokazały, że zgodnie z moimi założeniami, ekspozycja samic z linii H-BMR do 30°C ograniczyła ich wysiłek rodzicielski, pozytywny wpływ golenia na tempo przyrostu masy miotów w obrębie tej linii był zauważalny jedynie w temperaturze 23°C. Mioty matek z linii L-BMR przyrastały szybciej w 30°C niż w warunkach kontrolnych, ich wysiłek reprodukcyjny był wyższy w porównaniu do matek z wysokim BMR, nawet bez istotnego efektu golenia.

W Eksperymentcie 2 testowałam reakcję samic z przeciwnych linii selekcyjnych na jednoczesne obciążenie ich budżetów energetycznych kosztami opieki rodzicielskiej i reakcji obronnej. Zakładałam, że jeśli zdolność do rozpraszania ciepła jest czynnikiem ograniczającym tempo wydatkowania energii, matki ujawnią kompromisy pomiędzy dwoma zastosowanymi obciążeniami, a ich nasilenie będzie różne w zależności od przynależności do linii selekcyjnej. Tak jak się spodziewałam, samice o różnym BMR inaczej zareagowały na poddanie ich manipulacjom eksperymentalnym. Matki z linii L-BMR, laktujące w obu temperaturach otoczenia, dały priorytet reprodukcji i nie rozpoczęły produkcji przeciwciał anti-KLH. Samice z linii H-BMR, pomimo większych kosztów utrzymania organizmu, w 23°C rozpoczęły produkcję przeciwciał, a ich mioty przyrastały szybciej w porównaniu do matek z niskim tempem metabolizmu. W temperaturze 30°C matki z wysokim BMR dały początkowo priorytet reprodukcji, a budowanie kompromisów rozpoczynały w ostatnich dniach laktacji, o czym świadczy wzrost masy narządów limfatycznych i spadek tempa przyrostu masy miotu w szczycie laktacji.

Eksperyment 3 miał na celu testowanie ujawniania się kompromisów między opieką rodzicielską a odpowiedzią immunologiczną przy jednoczesnym braku ograniczeń związanych z rozpraszaniem ciepła, poprzez usunięcie samicom warstwy izolacyjnej. Spodziewałam się, że

matki z usuniętą sierścią będą w stanie realizować dwie kosztowne energetycznie funkcje fizjologiczne. Przeciwnie do moich założeń, uzyskane wyniki pokazały, że matki z przeciwnych linii selekcyjnych, zarówno w 23°C, jak i 30°C, dały priorytet reprodukcji i nie uruchomiły mechanizmów swoistej odpowiedzi immunologicznej w postaci produkcji przeciwciał. Ponadto, przeciwnie do moich założeń, mioty matek golonych przyrastały w podobnym tempie do miotów matek niegolonych. Eksperyment 2.

Zebrane wyniki pokazały, że samice myszy laboratoryjnych różniące się tempem metabolizmu podstawowego mają inny schemat odpowiedzi na jednoczesne obciążenie ich budżetów energetycznych kosztami reprodukcji i budowania odpowiedzi immunologicznej. Matki z niskim BMR dały priorytet reprodukcji w obu temperaturach otoczenia, natomiast samice z wysokim BMR budowały kompromisy między dwiema funkcjami, które różniły się natężeniem w zależności od temperatury otoczenia. Powyższe wyniki nie dostarczyły poparcia dla założeń hipotezy HDL, jak również pokazały, że sierść jako warstwa izolacyjna nie stanowi większej przeszkody w rozpraszaniu ciepła w moim modelu badawczym.