

Tadeusz STUDZIŃSKI, Marian PYTASZ, Alicja RYBKA

CieŜar ciała a metabolizm u ŹwiŃ

Вес тела и метаболизм у свиной

The Relation between Body Weight and Metabolism in the Pigs

ZaleŹnoŹ miŹdzy wielkoŹciŹ przemiany energii a powierzchniŹ ciŹała, okreŹlona przez Rubnera jako „prawo powierzchni” (14), nie znajduje zawsze zastosowania w obliczaniu metabolizmu. TrudnoŹci w dokłaŹnym obliczaniu powierzchni ciŹała oraz dane z zakresu metabolizmu rŹŹnych gatunkŹw dały podstawę do wprowadzenia ciŹŹaru ciŹała podniesionego do potęgi $2/3$ jako jednostki metabolicznej zamiast jego powierzchni (2, 7, 10, 12). Dalsze badania pozwoliły na uŹciŹszenie funkcji potęgowej ciŹŹaru ciŹała i ostateczne zaakceptowanie jako jednostki metabolicznej masy ciŹała z wykładnikiem potęgi $3/4$ (8).

Dobrym materiałem badawczym dla okreŹlenia wŹspŹlŹeŹnoŹci miŹdzy metabolizmem a zmiennym ciŹŹarem ciŹała w obrębie jednego gatunku moŹe byŹ ŹwiniŹ domowa z uwagi na szybkie przyrosty jej masy ciŹała w czasie wzrostu i rozwoju. Dotychczasowe badania metabolizmu przeprowadzone na proŹietach (11, 15) i mŹodych Źwiniach o ciŹŹarze dochodzŹcym do 100 kg wykazały duŹe wahania u rŹŹnych grup ŹwiŃ w zakresie czynnikŹw okreŹlajŹcych wielkoŹŹ przemian energetycznych w odniesieniu do masy ciŹała (16, 17). Ustalenie wymienionych zaleŹnoŹci oraz porŹównanie ich u ŹwiŃ o rŹŹnym ciŹŹarze jak rŹŹwnieŹ opracowanie empirycznych wzorŹw pozwalajŹcych na moŹliwie dokłaŹne okreŹlenie wielkoŹci przemiany energii przy znanym ciŹŹarze ciŹała stało się celem niniejszej pracy.

MATERIAŁ I METODA

Badania przeprowadzono na 50 Źwiniach o ciŹŹarze od 25 do 186 kg, rasy Wielkiej Białej oraz Puławskiej. Źwinię podzielono na 4 grupy, zaleŹnie od ciŹŹaru ciŹała. Do grupy I zaliczono 7 ŹwiŃ mŹodych o ciŹŹarze 25—39 kg, do grupy II naleŹało 8 ŹwiŃ o ciŹŹarze 50—61 kg, w grupie III było 18 ŹwiŃ o ciŹŹarze miŹdzy 73 a 100 kg, zaŹ w grupie IV — 19 ŹwiŃ o ciŹŹarze od 116 do 186 kg (tab. 1).

Wszystkie badania były przeprowadzone na Źwiniach nienarkotyzowanych. Czas, jaki upływał od ostatniego karmienia do momentu badania metabolizmu, wynosił u ŹwiŃ grupy I, II i IV od 16 do 20 godzin, a u ŹwiŃ grupy III był krŹtszy, gdyŹ wahał się miŹdzy 8 a 12 godzinami. Wszystkie badania przeprowadzono w pomieszczeniach o temperaturze wahaJŹcej się miŹdzy 18 a 21°C, przy wilgotnoŹci wzglęŹnej miŹdzy 55 a 75%.

Tab. 1. Ciężar ciała badanych świń (zakres wahań i średnie oraz odchylenia standardowe)
Body weight of the pigs examined (range of variations, the averages and standard deviations)

Grupa	Liczba świń	Ciężar ciała w kg		Odchylenie standardowe
		średnio	zakres	
I	7	29,1	25— 39	±4,5
II	8	56,3	50— 61	±3,7
III	18	89,2	73—100	±8,1
IV	19	133,3	106—186	±25,6

Wartość przemiany energii określano na podstawie ilości tlenu zużytego przez świnię w spiropigrafie Stolberga o układzie zamkniętym. Na czas doświadczeń zakładano świniom odpowiednio skonstruowane maski, po uprzednim dokładnym wygoleniu włosów na częściach głowy, do których maski te przylegały. Szczelność masek i całego układu kontrolowano przed i w czasie doświadczeń przez zamykanie dopływu tlenu do dróg oddechowych. Powodowało to spadki i wzrosty ciśnienia w układzie oddechowym i maskach na skutek wykonywania przez świnię nasilonych ruchów oddechowych z następującą zmianą, w przypadku nieszczelności masek, objętości gazów w układzie aparatu Stolberga.

W czasie badania świnię znajdowały się w pozycji leżącej bocznej, prawolub lewostronnej, na stole pokrytym warstwą gąbki celem odizolowania badanych zwierząt od metalowych części stołu. Pozycja boczna okazała się najbardziej odpowiednia do tego typu badań, gdyż świnię w tym położeniu zachowywały się spokojnie, często nawet zasypiały, wykazując znacznie rzadziej pobudzenie niż przy ułożeniu w innej pozycji. Pobudzone sztuki eliminowano z doświadczeń.

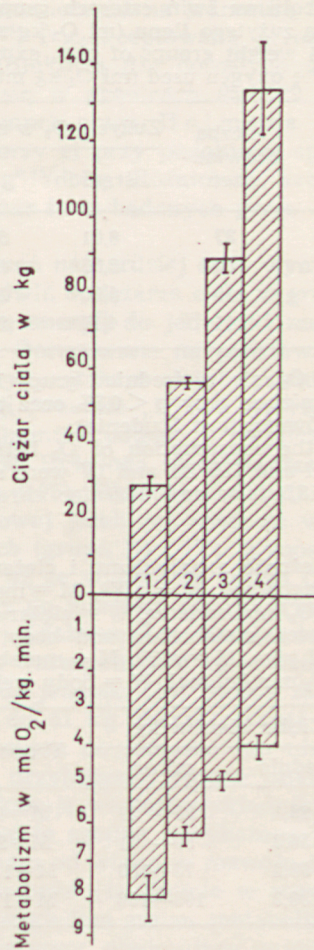
Oznaczone w poszczególnych doświadczeniach ilości zużywanego przez świnię tlenu przeliczano na wartości objętościowe standardowych warunków ciśnienia i temperatury (760 mm Hg i 0°C).

Zależność metabolizmu od ciężaru ciała określano na podstawie ustalonego empirycznie wzoru, a mianowicie logarytmicznej zależności między metabolizmem a ciężarem ciała (7, 8, 10). Zależność ta wyraża się wzorem następującym: $\log M = b \log W + \log a$; (M = metabolizm w ml O_2 , W = ciężar ciała w kg, a i b = stałe współczynniki). Wyrażenie logarytmiczne może być przekształcone: $M = a W^b$.

Całość wyników poddano analizie statystycznej, wyliczając średnie, odchylenia standardowe oraz istotność różnic zużycia tlenu między średnimi u świń czterech grup wagowych (3).

WYNIKI

Metabolizm badanych świń wyrażony wielkością zużycia tlenu wahał się od średnich wartości 4,10 ml/kg min. u świń najcięższych (grupa IV) do średnich wartości 8,01 ml/kg min. u świń najlżejszych (grupa I). Średnia wartość zużycia tlenu dla świń grupy II wynosiła 6,35 ml/kg min., zaś dla świń grupy III 4,90 ml/kg min. (ryc. 1 i tab. 2). Średnie wartości ciężaru ciała oraz jego wahania podano w tab. 1. Z tabel 1 i 2 wynika, że świnię grupy I, wykazujące



Ryc. 1. Zależność metabolizmu (ml O₂/kg min) od masy ciała (kg) u świń czterech grup. Słupki oznaczają grupy, zaś pionowe linie na ich szczytach odchylenia standardowe średnich. Dependence of metabolism (ml O₂/kg min) on the body weight (kg) in four groups of pigs. Posts denote the groups, while vertical lines at the top of post — standard deviations of the average

najmniejszy ciężar, charakteryzowały się najwyższym metabolizmem wyrażonym ilością pobieranego tlenu w przeliczeniu na jednostkę ciężaru ciała. Wartości te malały w grupie II i III i były najmniejsze u świń grupy IV, których średni ciężar wynosił 133,3 kg. Porównanie ilości zużywanego tlenu w stosunku do ciężaru ciała wskazuje na istnienie odwrotnej zależności między tymi wartościami. Różnice w ilości zużywanego przez świnię tlenu między poszczególnymi grupami okazały się statystycznie istotne (tab. 2).

Uzyskane dane pozwoliły na wyliczenie potęgowej funkcji ciężaru ciała, przy pomocy której można określić wartość metabolizmu znając jedynie ciężar ciała świń. Wyrażony w kg ciężar ciała z odpowiednim wykładnikiem po-

Tab. 2. Wartości metabolizmu świń czterech grup wagowych wyrażone ilością zużytego tlenu (ml O₂/kg min.)
Metabolism values of 4 weight groups of pigs, expressed in the quantity of the oxygen used (ml O₂/kg min.)

Grupa	Średni ciężar ciała w kg	Liczba doświadczeń	Zużycie O ₂ w ml/kg min.		Odchylenie standardowe
			średnio	zakres wahań	
I	29,1	37	8,01	5,94—9,46	±1,18
II	56,3	30	6,35*	4,39—7,29	±0,51
III	89,2	119	4,90*	3,94—6,73	±0,53
IV	133,3	211	4,10*	2,75—5,63	±0,60

* Różnice zużycia O₂ między średnimi grupy I i II, II i III, III i IV były statystycznie istotne przy $p < 0,5\%$ oraz $t = 13,5; 4,6; i 12,5$ dla trzech powyższych porównań (test Studenta).

* Differences in the consumption of O₂ between the averages of the groups: I and II, II and III, III and IV were statistically significant at $p < 0,5\%$ and $t = 13,5; 4,6; and 12,5$ for three above comparisons (Student's test).

Tab. 3. Współzależność metabolizmu i ciężaru ciała u świń czterech grup wagowych. $M = aW^b$, M = metabolizm wyrażony w ml O₂/min./zwierzę, W = ciężar ciała w kg
Correlation between metabolism and body weight of four weight groups of pigs. $M = aW^b$, M = metabolism expressed in ml of O₂/min./animal, W = body weight in kg

Grupa	Ciężar ciała w kg		Proponowany wzór
	średnio	zakres	
I	29,1	25—39	$M = 4,1039 \cdot W^{1,1931}$
II	56,3	50—61	$M = 2,7939 \cdot W^{1,2057}$
III	89,2	73—100	$M = 11,3226 \cdot W^{0,7929}$
IV	133,3	106—186	$M = 17,0005 \cdot W^{0,6719}$

tegi może być traktowany jako jednostka metaboliczna dla wyliczeń przemiany energii.

Potęgowa funkcja ciężaru ciała była najwyższa u świń grupy I i II, wynosząc w przybliżeniu 1,2 (tab. 3). Wartość wykładnika potęgi w grupie III i IV była znacznie niższa i wynosiła 0,7929 dla świń grupy III i 0,6719 dla świń grupy IV.

Odwrotnie do wartości wykładnika potęgowego ciężaru ciała kształtowała się wielkość współczynnika oznaczonego symbolem „a” (tab. 3). Była ona najwyższa w grupie I i II oraz najwyższa w grupie III i IV.

OMÓWIENIE

Wielkość metabolizmu u świń o ciężarze ciała w granicach 25—196 kg, przebywających w temperaturze neutralnej, warunkach spoczynku i w fazie poabsorbacyjnej, wykazywała znaczne i istotne różnice między czterema grupami podzielonymi na podstawie różnego ciężaru. W przeliczeniu na kalorie wartości te wahały się od 28,3 Kcal/kg dobę u świń grupy IV do 55,3 Kcal/kg

dobę u świń grupy I. W przeliczeniu na jednostkę metaboliczną proponowaną przez Kleibera ($\text{kg}^{0,75}$) i zaakceptowaną przez sympozjum w Troon za średnią wartość międzygatunkową dla dorosłych osobników (8) metabolizm badanych świń wahałby się w granicach 95—129 Kcal/ $\text{kg}^{0,75}$ /dobę. Wartości te są nieco niższe od podanych przez Holmesa i Mounta (5) dla świń o ciężarze 20—60 kg. Autorzy ci przy podobnym sposobie przeliczenia podali wielkości 151—157 Kcal/ $\text{kg}^{0,75}$ /dobę. Różnice te, zresztą stosunkowo nieduże, mogą wynikać stąd, że ciężar świń badanych przez Holmesa i Mounta był jednak nieco niższy.

Według naszych przeliczeń najbardziej stałe wyniki otrzymuje się przy porównywaniu metabolizmu świń o ciężarze ciała w granicach 25—186 kg wtedy, gdy odniesie się przemianę energii do jednostki metabolicznej właściwej dla każdej z grup wagowych. Opracowane na podstawie empirycznej wzory dla czterech grup świń o różnym ciężarze ciała wykazują odmienne wartości za równo wykładników potęgi (wartość „b” we wzorze 2), jak i współczynnika „a”. Średnia wartość wykładnika potęgi „b” wyliczona z danych wszystkich czterech grup wyniosła 0.80. Była ona nieco wyższa od wartości przyjętej za średnią międzygatunkową (0.75). Wartość „b” była jeszcze bardziej zbliżona do średniej międzygatunkowej jeżeli jej wielkość wyliczono wyłącznie z doświadczeń świń najcięższych (grupa III i IV). Wynosiła ona wtedy 0,73.

Charakterystyczne jest to, że wykładnik potęgi („b”) dwu pierwszych najlżejszych grup jest zbliżony do wartości 1,2, zaś dwu grup najcięższych — do średniej międzygatunkowej. Ciekawe jest również to, że wielkość wykładnika potęgi ciężaru ciała prosiat ważących do 5 kg w badaniach Studzińskiego jest zbliżona również do jedności (15). Można zatem twierdzić, że prosięta i świnię młode o ciężarze do 61 kg charakteryzuje jednostka metaboliczna z wykładnikiem potęgi zbliżonym do jedności lub nieco wyższym. Metabolizm u takich świń jest więc w przybliżeniu proporcjonalny do masy ciała. Świnie o masie powyżej 70 kg wykazują wartość wykładnika potęgi zbliżoną do średniej międzygatunkowej. Jest to zgodne z wykazaną już dawniej podobną tendencją zależności metabolizmu od wieku w rozwoju takich gatunków jak owce (1), bydło (13) czy nawet u ludzi (4). Świnie w rozwoju nie odbiegają zatem od innych gatunków pod względem zmian metabolizmu i wykazują obecność dwu okresów, z których pierwszy, obejmujący najmłodsze i najlżejsze świnię, wyróżnia się w przybliżeniu prostą zależnością przemiany energii od masy ciała. U świń cięższych i starszych wartość metabolizmu maleje w przeliczeniu na jednostkę masy ciała, co ujawnia się zmniejszeniem wykładnika potęgi w jednostce metabolicznej do średniej międzygatunkowej, czyli do 0,75.

WNIOSKI

1. Metabolizm świń o masie ciała od 25 do 186 kg, mierzony jako ilość zużytego O_2 w temperaturze termicznej neutralności oraz w fazie poabsorbcyjnej, jest odwrotnie proporcjonalny do ciężaru ciała i waha się od średniej wartości 4,10 ml O_2 /kg min. u świń grupy IV (świnie najcięższe) do 8,01 ml O_2 /kg min. u świń grupy I (świnie najlżejsze).

2. Dla obliczenia metabolizmu można użyć wzoru $M = a W^b$, gdzie M = metabolizm w ml O_2 /minutę/zwierzę, W = ciężar ciała w kg, zaś „a” i „b” = stałe.

3. Zależność metabolizmu od masy ciała dla świń grupy I (średni ciężar 29,1 kg przy zakresie od 25 do 39 kg) wyraża się wzorem $M = 4,1039 \cdot W^{1,1821}$,

dla świń grupy II (średni ciężar 56,3 kg przy zakresie od 50 do 61 kg) $M = 2,7939 \cdot W^{1,2057}$; dla świń grupy III (średni ciężar 89,2 kg przy zakresie od 50 do 61 kg) $M = 11,3226 \cdot W^{0,7929}$; dla świń grupy IV (średni ciężar 133,3 kg przy zakresie od 106 do 186 kg) $M = 17,0005 \cdot W^{0,6719}$.

4. W miarę zwiększania ciężaru ciała świni rośnie współczynnik „a” i zmniejsza się wykładnik potęgi „b” do średniej międzygatunkowej u świń o ciężarze powyżej 73 kg.

PIŚMIENNICTWO

1. Alexander G.: Summit Metabolism in Young Lambs. *J. Physiol.*, 162, 31—32P, 1962.
2. Benedict F. G.: Factors Affecting Basal Metabolism. *Jour. Biol. Chem.*, 20, 263—299, 1915.
3. Henrysson S. O. W., Hasseloff H. J., Hoffmann: Kleines Lehrbuch der Statistk. Ed. Walter de Gruyter and Co., Berlin 1960.
4. Hill J. R., Rahimtula K. A.: Heat Balance and the Metabolic Rate of New-Born Babies in Relation to Environmental Temperature; and the Effect of Age and of Weight on Basal Metabolic Rate. *J. Physiol.* 180, 239—265, 1965.
5. Holmes C. W., Mount L. E.: Heat Loss from Groups of Growing Pigs under Various Conditions Environmental Temperature and Air Movement. *Anim. Prod.* 9, 435—452, 1967.
6. Holmes C. W.: Heat Losses from Young Pigs at Three Environmental Temperature, Measured in a Direct Calorimeter. *Anim. Prod.*, 10, 135—147, 1968.
7. Kleiber M.: Body Size and Metabolism. *Hilgardia*, 6, 315—353, 1932.
8. Kleiber M.: Metabolic Body Size in "Energy Metabolism". Ed. K. Blaxter, 427—435. Academic Press, London—New York 1965.
9. Kleiber M.: The Fire of Life. Ed. J. Wiley and Sons, New York—London 1961.
10. Krogh A.: The Respiratory Exchange of Animals and Man. Ed. Longmans, Green and Co., London 1916.
11. Mount L. E., Stephens D. B.: The Relation between Body Size and Maximum and Minimum Metabolic Rates in the New-Born Pig. *J. Physiol.*, 207, 417—427, 1970.
12. Poczipko P.: Metabolic Levels in Adults Homeotherms. *Acta Theoriologica* 16, 1—21, 1971.
13. Roy J. H. B., Huffman C. F., Reineke E. P.: The Basal Metabolism of the New-Born Calf. *Br. J. Nutr.*, 11, 373—381, 1957.
14. Rubner M.: Über den Einfluss der Körpergrösse auf Stoff- und Kraftwechsel. *Zeitschr. f. Biol.*, 19, 535—562, 1883.
15. Studziński T.: The Post-Natal Changes in Minimal Metabolic Rate in the Pig. *J. Physiol.*, 224, 305—316, 1972.
16. Tangl F.: Die minimale Erhaltungsrarbeit des Schweines. (Stoff- und Energieumsatz in Hunger). *Biochem Z.*, 44, 252—273, 1912.
17. Verstegen M. W. A.: Influence of Environmental Temperature on Energy Metabolism of Growing Pigs Housed Individually and in Groups. Ed. H. Veenman and Zonen N. V. Wageningen 1971.

Wpl. 15 VII 74.

РЕЗЮМЕ

Исследование метаболизма проведено на 50 свиньях весом 25—186 кг., которых разделено на четыре группы, учитывая вес тела. К группе I зачислено 7 молодых свиней весом 25—39 кг.; к II группе — 8 свиней весом 50—61 кг.; к III — 18 свиней весом 73—100 кг.; зато в группе IV было 19 свиней весом 116—186 кг.

Все исследования были проведены на свиньях ненаркотизированных. Величину метаболизма определено на основе количества израсходованного свиньями кислорода в спирографе Стольберга (замкнутая система) в температуре термической нейтральности. Метаболизм, выраженный количеством израсходованного кислорода, колебался от средних величин 4,10 мл/кг мин. у самых тяжелых свиней (группа IV) до средних величин 8,01 мл/кг мин. у свиней самых легких (группа I). В среднем величина

на метаболизма для свиней групп II и III равнялась 6,35 $\text{м}10_2/\text{кг}$ мин и 4,90 $\text{мл}/\text{кг}$ мин.

Учитывая взаимозависимость между метаболизмом и весом тела ($M=aw^b$, где M — метаболизм, w — вес тела, зато a и b — постоянные) определено формулы для каждой из четырех групп свиней. По мере того как возрастал вес тела, рос коэффициент „ a ” и уменьшался показатель степени „ b ”.

SUMMARY

Metabolism was measured on a total of 50 pigs from 25 to 186 kg and divided in to 4 groups according to different body weight. The first group (I) consisted of 7 pigs of 25—39 kg weight, the second group (II) of 8 pigs from 50 to 61 kg of weight, the third group (III) of 18 pigs from 73 to 100 kg of weight, and the fourth consisted of 19 pigs from 116 to 186 kg of body weight. All the estimations of metabolism were carried out on unanesthetized pigs. Metabolism was measured as O_2 consumption by pigs from the Stolberg's spiograph (closed system in the neutral environmental temperatures and in the postabsorbtive state. Metabolism was the lowest in the heaviest pigs when expressed as $\text{ml } O_2$ per kg of body weight per minute (4,10 in group IV) and the highest in the lightest pigs (8,01 in group I). The pigs from group II and III showed mean values of 6,35 and 4,90 $\text{ml } O_2/\text{kg}.\text{min}$ respectively. Taking into consideration the relationship between body weight and metabolism ($M=aW^b$, where M =metabolism in $\text{ml } O_2$, W =body weight in kg and a and b constants) 4 equations were calculated for every group of pigs. With increasing body weight there was an increase in the value of constant "a" and a fall in the constant "b".