

Wpływ wieku i płci na wzrost kości kończyn i rozwój ich cech mechanicznych u przepiórki (*Coturnix coturnix* Pharaoh)

ELŻBIETA KACZANOWSKA-TARASZKIEWICZ

Zakład Fizjologii Zwierząt Instytutu Biologii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin

Kaczanowska-Taraszkiewicz E.

The effect of age and sex on some developmental parameters of quail (*Coturnix coturnix* Pharaoh) skeletal system

Summary

The purpose of these investigations was to determine the development of the physical properties of limb bones in relation to the growth of the skeletal system during the two-year life span of the quail. The investigations were carried out on 150 Pharaoh quails divided into the following eight age groups: 1 and 7 days after hatching and at the end of the 2nd, 4th, 6th, 8th, 52nd and 104th week. To characterize the experimental material, the body weight of the quails was recorded during the experimental period, and the growth index was calculated. After the quails were sacrificed, the femora, tibiae and humeri were isolated, weighed, measured and frozen for further mechanical analysis. An Instron Universal Testing Machine (Model 4302) was used to determine bone ultimate strength and maximum elastic strength. During the first two weeks of the quail's life the rate of femora and tibiae growth was similar to the rate of body weight growth, while the humeri growth rate was higher. The ultimate and maximum strength of the bones progressively increased with increasing development and growth. At the age of 8 weeks, when the laying period begins, the values of mechanical parameters were higher in females than in males, which was probably due to the presence of medullary bones. At the age of one year the mechanical parameters of the bones in females were lower than in males, which could indicate a loss of structural bone and would lead to osteoporosis in high-laying quails. The 104-week-old quails have the strongest bones, which suggests that under controlled conditions of feeding, the bone strength of birds can be adequately maintained up to the end of their productive life.

Keywords: quails, bone growth, bone strength

U ptaków hodowanych w klatkach, a szczególnie u niosek, pojawia się wiele problemów związanych z układem kostnym, takich jak niedorozwój, deformacje, złamania, infekcje i wynikająca z nich duża śmiertelność (1, 9, 10, 13). O cechach kości decydują rozmaite czynniki: genetyczne, fizjologiczne, żywieniowe i fizyczne. Wpływają one na rozwój, dojrzewanie i wytrzymałość mechaniczną tkanki kostnej (21).

Układ szkieletowy kręgowców pełni dwie zasadnicze funkcje, podporową oraz metaboliczną, stanowiąc rezerwar minerałów. Jednakże szkielet ptaków ze względu na adaptację do lotu jest znacznie bardziej zwarty i lekki, aniżeli u innych zwierząt. Ponieważ kości ptaków są spneumatyzowane, stanowią szczególną formę połączenia oszczędności materiału z wytrzymałością, co prowadzić może do powstania konfliktu między obiema ich funkcjami (23). Stan takiego konfliktu ujawnia się u niosek. W okresie nieśności, zapotrzebo-

wanie na wapń do budowy skorupy jaja jest tak duże, że został utworzony specjalny mechanizm zapewniający dodatkowe magazynowanie i uruchamianie tego minerału. Mianowicie, w jamach szpikowych kości samic, rozwija się zupełnie nowy system kości wtórnych. Kości te są w dużej mierze odpowiedzialne za dostarczanie wapnia do budowy skorupy w okresie, gdy wchłanianie z przewodu pokarmowego jest niewystarczające (4, 17, 18). Fizjologiczne kostnienie wewnątrz jam szpikowych kości długich u samic gołębia w sezonie znoszenia jaj, zostało po raz pierwszy stwierdzone przez Kyesa i Pottera w 1934 r., a następnie potwierdzone przez wielu badaczy, zarówno u ptaków domowych, jak i dzikich (23). Kości szpikowe nie tworzą się podczas rozwoju szkieletu w okresie embrionalnym i powyklurowym, ale dopiero podczas dojrzewania płciowego samic. Osteogeneza kości wtórnych jest ściśle związana z poziomem endogennych estrogenów (3, 24, 26).

Odzwierciedleniem zmian zachodzących w kościach w ciągu całego okresu życia zwierząt są zmiany ich wskaźników mechanicznych. Kości, pomimo dużej twardości, wykazują pewną elastyczność i plastyczność mechaniczną, reagują również zmianą struktury na ciągłe lub powtarzające się działanie sił odkształcających związanych z obciążeniem i odciążeniem. Z mechanicznego punktu widzenia tkanka kostna jest unikalnym materiałem, o cechach którego decyduje jej struktura przestrzenna, budowa mikroskopowa, jak również krystaliczność minerału kostnego (2, 8, 21).

Przepiórki charakteryzują się bardzo szybkim tempem wzrostu, wczesnym dojrzewaniem oraz największą produkcją jaj wśród ptaków domowych (15). Poza tym, ze względu na niewielką masę ciała oraz brak aktywności ruchowej, spowodowany hodowlą klatkową, są szczególnie narażone na osteoporozę (25, 26). Celem pracy było poznanie wzrostu i mineralizacji układu kostno szkieletowego w oparciu o zastosowanie modelu metodycznego kości kończyn i w powiązaniu z kształtowaniem się ich cech mechanicznych i wytrzymałościowych.

Materiał i metody

Badania wykonano na 150 przepiórkach rasy faraon (*Coturnix coturnix Pharaoh*), w wieku od 1 dnia do dwóch lat życia. Od wyklucia do czwartego tygodnia życia, ptaki przebywały w klatkach ogrzewanych i oświetlanych elektrycznie przez 24 godziny, a po tym okresie w pomieszczeniu o oświetleniu naturalnym i temp. około 22°C. Ptaki żywione były handlową mieszkanką DK zawierającą w swoim składzie: fosforu ogólnego – 8,5 mg/g, wapnia – 10 mg/g (do 8 tygodnia życia), i 30 mg/g (powyżej 8 tygodnia). Badania przeprowadzono w 8 okresach życia: w 1 i 7 dniu, a następnie po ukończeniu przez ptaki 2, 4, 6, 8, 52 i 104 tygodni. W każdym wieku, z wyjątkiem 1-dniowych piskląt (10 ptaków), badano 10 samców i 10 samic. Od 8-go tygodnia do badań wybierano samice niosące się.

Wyizolowano po uboju kości: udową, piszczelową i ramienną, oczyszczano dokładnie z tkanek miękkich i do czasu wykonania analiz przechowywano w temperaturze 25°C.

W każdej grupie wiekowej ptaków określano: masę i długość kości oraz wskaźniki wytrzymałościowe wg metody opisanej przez Ferrettiego i wsp. (5):

– wartość siły maksymalnej, obliczanej z wartości określających tzw. punkt złamania, w którym następuje dezintegracja kości,

– wartość siły w punkcie przekraczania granicy sprężystości, obliczoną z tzw. punktów sprężystości wyznaczonych odchyleniem stycznej od linii obrazującej zależność między działającą siłą a odkształceniem.

Kości poddawano działaniu sił dynamicznych z zastosowaniem aparatu INSTRON 4302, rejestrującym w postaci wykresu zależność między siłą działającą prostopadle do długiej osi kości a odkształceniem. Za kryterium oceny przyjęta została siła obciążenia przy stałej prędkości głowicy pomiarowej 10 mm/min. Kości do badań umieszczano na podporach o rozstawie odpowiadającym 40% ich długości. Ze względu na trudności techniczne nie określono

no parametrów wytrzymałościowych dla kości udowej i ramiennej piskląt 1-dniowych.

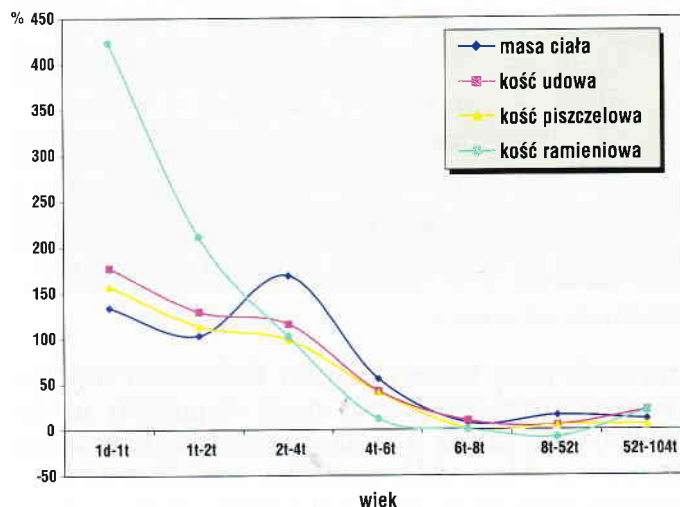
Do analizy statystycznej uzyskanych wyników zastosowano test t-Studenta. Za statystycznie istotną różnicę przyjęto wartość $p < 0,05$.

Wyniki i omówienie

Relacje zachodzące między masą i wymiarami ciała zwierząt a wielkością ich narządów wewnętrznych w aspekcie wiekowym, stanowią cel wielu badań, ponieważ ustalenie tych zależności daje obraz kształtowania się proporcji wewnętrznych zwierzęcia (16). Zróżnicowanie wiekowe tempa wzrostu można zauważyć w rozwoju wielu gatunków ptaków, jednakże Wilson i wsp. (27) stwierdzili, że tempo wzrostu przepiórki jest szczególnie wysokie ponieważ osiąga ona rozmiary dorosłego osobnika już około 8 tygodnia życia. Dane te zostały potwierdzone w badaniach innych autorów (11, 14, 15, 19).

Masę ciała wszystkich badanych grup przepiórek zestawiono w tabeli 1, a tempo jej wzrostu zilustrowano na ryc. 1. W pierwszym tygodniu życia ptaków przyrost masy ciała piskląt wyniósł 160,6%, w drugim 94,4%, a pomiędzy czwartym i szóstym tygodniem 59,1%. Kolejne przyrosty nie były już tak intensywne, jednakże utrzymały się do końca badań.

Przeprowadzona w niniejszej pracy analiza zmienności masy ciała stanowiła punkt odniesienia do analizy tempa wzrostu masy kości. Badania w 8 okresach wiekowych pozwoliły na wykazanie różnic dotyczących tempa wzrostu masy kości oraz zróżnicowania ich wielkości w zależności od płci ptaków. Masa kości udowej i piszczelowej w ciągu 4-ech pierwszych tygodni życia przepiórek rosła równomiernie u samców i samic, osiągając pod koniec tego okresu około 400% wartości wyjściowej. Natomiast przyrost masy kości ramiennej był znacznie bardziej intensywny i już po dwóch tygodniach życia piskląt przekroczył 640%. Od 6 tygodnia życia przepiórek, kiedy osiągają one dojrzałość płciową, pojawiły się różnice płciowe w



Ryc. 1. Tempo wzrostu masy ciała oraz masy kości udowej, piszczelowej i ramiennej w ciągu dwu lat życia przepiórek

Tab. 1. Wpływ wieku i płci na masę ciała oraz masę kości udowej, piszczelowej i ramiennej u przepiórek (n = 10; $\bar{x} \pm s$)

Wiek	Płeć	Masa ciała [g]	Masa kości udowej [mg]	Masa kości piszczelowej [mg]	Masa kości ramiennej [mg]	
Dni	1	♂ i ♀	7,06 ± 0,53	24,14 ± 0,69	38,30 ± 1,01	10,96 ± 0,50
	7	♂	17,22 ± 0,96*	61,73 ± 2,54*	96,84 ± 4,98*	58,69 ± 4,75*
Tygodnie	2	♀	19,56 ± 1,55*	65,80 ± 3,33*	99,64 ± 4,25*	57,90 ± 4,71*
		♂	34,45 ± 2,98*	152,62 ± 6,49*	211,82 ± 11,65*	183,10 ± 9,27*
	4	♀	37,05 ± 2,75*	145,30 ± 10,12*	206,35 ± 12,30*	180,17 ± 16,88*
		♂	88,83 ± 4,88*	311,33 ± 15,07*	400,87 ± 19,65*	342,82 ± 14,70*
	6	♀	86,50 ± 3,77*	331,38 ± 26,04*	408,51 ± 18,89*	374,60 ± 19,02*
		♂	133,87 ± 2,61*	440,40 ± 8,05*	561,47 ± 13,56	390,50 ± 8,46*
	8	♀	145,00 ± 3,87*	473,58 ± 10,82*	595,12 ± 15,12*	406,06 ± 7,51
		♂	138,81 ± 3,53	471,81 ± 14,02	557,51 ± 7,74	390,56 ± 10,36
	52	♀	165,85 ± 3,88 ^a	528,03 ± 14,16 ^a	599,54 ± 16,02 ^a	407,06 ± 10,37
		♂	160,80 ± 6,16*	480,91 ± 9,74	568,77 ± 10,76	292,99 ± 8,99*
104	♀	183,42 ± 4,58 ^a	562,65 ± 14,22 ^a	631,00 ± 17,55 ^a	443,18 ± 15,46 ^a	
	♂	180,00 ± 3,16*	493,67 ± 7,15	591,52 ± 8,24	319,90 ± 6,89	
		♀	201,20 ± 5,38 ^a	764,86 ± 15,04 ^a	658,26 ± 9,55 ^a	568,57 ± 10,31 ^a

Objaśnienia: * – istotność różnic w stosunku do poprzedniego oznaczenia w obrębie jednej płci $p \leq 0,05$, a – istotność różnic między płcią w danej grupie wiekowej $p \leq 0,05$

Tab. 2. Wpływ wieku i płci na długość kości udowej, piszczelowej i ramiennej u przepiórek (n = 10; $\bar{x} \pm s$)

Wiek	Płeć	Długość kości udowej [mm]	Długość kości piszczelowej [mm]	Długość kości ramiennej [mm]	
Dni	1	♂ i ♀	13,35 ± 0,11	18,23 ± 0,13	8,64 ± 0,06
	7	♂	18,56 ± 0,30*	23,66 ± 0,39*	15,83 ± 0,40*
Tygodnie	2	♀	18,61 ± 0,36*	23,86 ± 0,34*	16,10 ± 0,36*
		♂	24,75 ± 0,33*	31,32 ± 1,19*	25,18 ± 0,33*
	4	♀	24,93 ± 0,58*	31,06 ± 0,72*	24,93 ± 0,66*
		♂	35,17 ± 0,52*	43,41 ± 0,69*	34,16 ± 0,46*
	6	♀	35,06 ± 0,99*	43,69 ± 1,23*	34,52 ± 0,67*
		♂	39,70 ± 0,37*	49,60 ± 0,34*	36,59 ± 0,51*
	8	♀	40,97 ± 0,35 ^a	50,37 ± 0,38*	36,57 ± 0,23*
		♂	39,85 ± 0,45	49,75 ± 0,37	36,64 ± 0,27
	52	♀	41,27 ± 0,45 ^a	50,83 ± 0,51	36,68 ± 0,18
		♂	39,81 ± 0,24	49,84 ± 0,32	36,26 ± 0,21
104	♀	41,23 ± 1,20 ^a	50,95 ± 0,55	37,03 ± 0,12 ^a	
	♂	38,60 ± 0,31	48,97 ± 0,28	35,97 ± 0,19	
		♀	41,76 ± 0,82	51,76 ± 0,44	37,18 ± 0,21 ^a

Objaśnienia: jak w tab. 1.

przyroście masy badanych kości. Obie kości kończyny miednicznej zwiększały masę stopniowo, aż do końca badań, jednak u samic przyrosty były bardziej intensywne. Masa kości ramiennej pomiędzy 4 i 6 tygodniem zwiększyła się już tylko nieznacznie, a u rocznych samic nastąpił istotny spadek wartości tego parametru. Na długość, wszystkie badane kości kończyn,

rosły tylko do uzyskania przez ptaki dojrzałości płciowej (tab. 2). Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie wyraźnych różnic w dwu grupach kości: kończyny miednicznej – pełniące funkcje podporowe i kończyny piersiowej o cechach kończyny lotnej. Przepiórki, jako zagniazdowniki, w momencie wyklucia mają stosunkowo dobrze rozwiniętą kość udową i piszczelową, a tempo ich wzrostu jest skorelowane z przyrostem masy ciała. Natomiast kość ramienna w momencie wyklucia jest rozwinięta bardzo słabo i tempo jej rozwoju w początkowym okresie życia postembrionalnego piskląt przebiega bardzo gwałtownie.

Różnice płciowe w masie badanych kości od momentu dojrzenia, oprócz uwarunkowań genetycznych (samice przepiórki mają większe rozmiary ciała niż samce), wynikały w dużej mierze, ze zróżnicowania rozwoju kości samców i samic w tym okresie. Związane jest to, z pojawieniem się w jamach szpikowych kości samic, systemu kości wtórnych. Rozwój nowych kości rozpoczyna się po kopulacji i szybko ich przybywa wraz z powiększaniem się pęcherzyków w jajniku. Ostatecznie, kości wtórne wypełniają całkowicie jamy szpikowe w okresie wystąpienia pierwszej owulacji (4, 24).

Odzwiedcieniem zmian rozwojowych zachodzących w kościach jest różna ich wytrzymałość na działanie sił odkształcających. Wartości siły łamiącej dla kości udowej, piszczelowej i ramiennej, w badanych grupach wiekowych, zestawiono w tab. 3 oraz zilustrowano na ryc. 2, 3 i 4.

Najintensywniejszy wzrost wartości siły łamiącej dla kości udowej i ramiennej stwierdzono w drugim tygodniu życia piskląt (odpowiednio o 257% i 275%). W kolejnych przedziałach wiekowych przyrosty wartości tego parametru wytrzymałościowego nie były już tak intensywne i wynosiły od kilkudziesięciu do kilkunastu procent. Oporność na złamania kości piszczelowej rosła bardzo intensywnie aż do szóstego tygodnia życia przepiórek i przyrosty tej wartości wynosiły: 279% w pierwszym tygodniu, 92% w drugim, 150% pomiędzy drugim i czwartym oraz 102% pomiędzy czwartym i szóstym tygodniem życia ptaków. U samic rocznych stwierdzono spadek wartości siły łamiącej dla kości udowej i piszczelowej, zarówno w stosunku do poprzedniego oznaczenia, jak i w stosunku do samców. Największe różnice płciowe w oporności na złamania, dla wszystkich badanych kości, stwierdzono u przepiórek dwuletnich. Różnice te na korzyść samic wynosiły: dla kości udowej 16%, a dla piszczelowej i ramiennej około 20%.

Wartość granicy sprężystości dla kości udowej, piszczelowej i ramiennej w badanych grupach wiekowych przepiórek zestawiono w tab. 4. W ciągu drugiego tygodnia życia przepiórek nastąpił wzrost sprężystości kości udowej średnio u obu płci o 191%, a kości ramiennej o 264%. Późniejsze przyrosty sprężystości tych kości wynosiły średnio kilkadziesiąt procent. Sprężystość kości piszczelowej najintensywniej rosła w pierwszym tygodniu życia ptaków (232%), między drugim i czwartym (163%) oraz między czwartym i szóstym (101%). Statystycznie istotne różnice, na korzyść samic, dotyczyły głównie kości udowej i wystąpiły u przepiórek od szóstego tygodnia ich życia. U samic rocznych, w porównaniu z samcami, stwierdzono mniejszą sprężystość wszystkich trzech badanych kości. Dla kości udowej różnica wynosiła ok. 27%, dla piszczelowej ok. 19%, a dla ramiennej ok. 28%. Najwyższe wartości zarówno siły łamiącej jak i sprężystości dla trzech badanych kości stwierdzono u ptaków dwuletnich.

Wyniki niniejszych badań dowodzą istnienia zróżnicowanej dynamiki zmian cech mechanicznych poszczególnych kości wraz z wiekiem ptaków, pomimo zachowania ogólnej tendencji przyrostu wartości badanych wskaźników. Poza tym wykazują, że osiągnięcie maksymalnych fizycznych i funkcjonalnych możliwości kości trwa dłużej niż proces ich wzrostu i rozwoju histologicznego. Dane te znajdują potwierdzenie w pracach Ratha i wsp. (20, 21). Autorzy ci sugerują, że oprócz składników mineralnych, przede wszystkim ilość i jakość włókien kolagenu decyduje o cechach wytrzymałościowych kości. Różnice płciowe dotyczące badanych wskaźników mechanicznych wynikają z odmienności ogólnorozwojowych w kościach samców i samic powiązanych z wpływem hormonów i nieśnością. Siła kości jest proporcjonalna do ich masy (7, 22), poza tym, za większą ich wytrzymałość u samic, odpowiedzialne są kości szpikowe. Kości te, pomimo że same charakteryzują się niewielką opornością na działanie sił odkształcających, wydatnie zwiększają wytrzymałość kości szkieletowych, w których się rozwijają (6, 12). Na szczególne podkreślenie zasługuje zmniejszenie wytrzymałości na złamania i sprężystości w kościach samic rocznych. Pierwszy rok życia przepiórek, związany jest z najintensywniejszą nieśnością (15), co niekorzystnie odbija się na wskaź-

Tab. 3. Wpływ wieku i płci na wartość siły łamiącej dla kości udowej, piszczelowej i ramiennej u przepiórek (n = 10; $\bar{x} \pm s$)

Wiek	Płeć	Siła łamiąca kości udowej [N]	Siła łamiąca kości piszczelowej [N]	Siła łamiąca kości ramiennej [N]	
Dni	1	♂ i ♀	brak	1,20 ± 0,04	brak
	7	♂	4,50 ± 0,31	4,36 ± 0,36*	3,66 ± 0,35
♀		4,55 ± 0,19	4,74 ± 0,30*	3,64 ± 0,38	
Tygodnie	2	♂	16,85 ± 1,19*	8,94 ± 0,65*	14,20 ± 1,42*
		♀	15,48 ± 2,12*	8,52 ± 0,73*	13,70 ± 2,39*
4	♂	22,17 ± 1,79*	21,34 ± 1,93*	19,49 ± 1,53*	
	♀	23,16 ± 2,18*	22,26 ± 2,07*	20,24 ± 1,31*	
6	♂	36,73 ± 0,98*	44,20 ± 1,91*	27,00 ± 0,81*	
	♀	40,18 ± 1,29* ^a	43,80 ± 2,248*	27,88 ± 1,48*	
8	♂	40,73 ± 2,47	46,213 ± 2,22	39,19 ± 2,03*	
	♀	47,44 ± 2,27*	55,79 ± 1,93* ^b	39,07 ± 1,31*	
52	♂	54,71 ± 2,71*	57,44 ± 1,34*	48,96 ± 8,81*	
	♀	45,74 ± 2,22 ^a	50,98 ± 1,76	47,12 ± 6,82*	
104	♂	61,63 ± 1,83*	57,60 ± 1,37	50,40 ± 5,41	
	♀	71,70 ± 5,17* ^a	69,12 ± 3,00* ^a	60,31 ± 7,28 ^a	

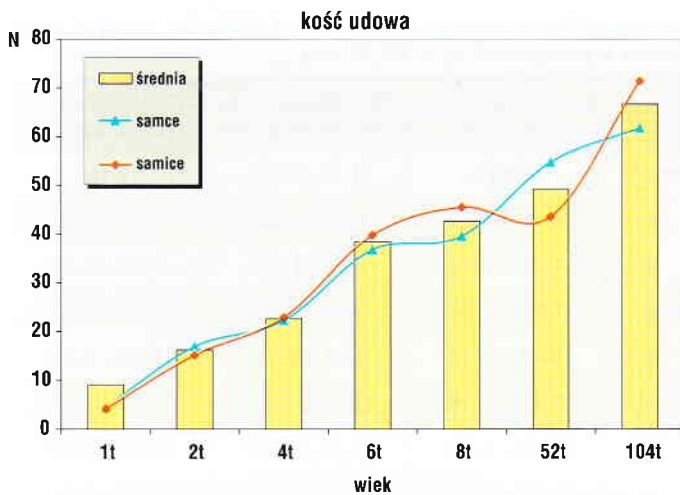
Objaśnienia: jak w tab. 1.

Tab. 4. Wpływ wieku i płci na granicę sprężystości kości udowej, piszczelowej i ramiennej u przepiórek (n = 10; $\bar{x} \pm s$)

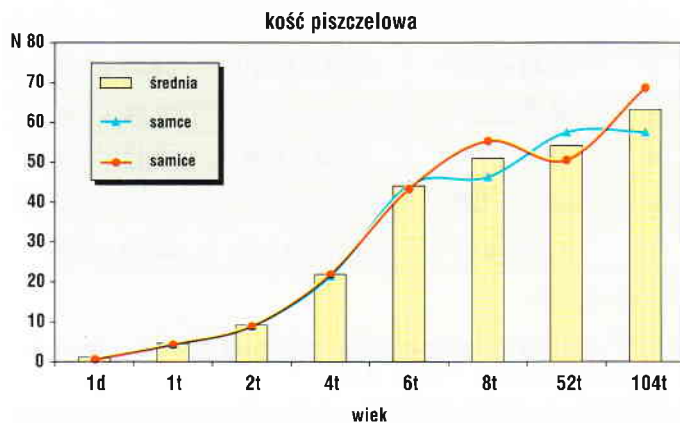
Wiek	Płeć	Granica sprężystości kości udowej [N]	Granica sprężystości kości piszczelowej [N]	Granica sprężystości kości ramiennej [N]	
Dni	1	♂ i ♀	brak	1,05 ± 0,03	brak
	7	♂	3,65 ± 0,25	3,40 ± 0,30*	2,92 ± 0,35
♀		3,71 ± 0,35	3,58 ± 0,27*	2,69 ± 0,18	
Tygodnie	2	♂	11,26 ± 0,80*	6,36 ± 0,46*	10,88 ± 0,96*
		♀	10,13 ± 1,12*	6,74 ± 0,48*	9,58 ± 1,89*
4	♂	16,79 ± 1,30*	16,88 ± 1,55*	13,46 ± 1,23	
	♀	17,38 ± 1,47*	17,54 ± 1,96*	16,34 ± 1,08*	
6	♂	29,04 ± 1,02*	33,34 ± 2,65*	21,44 ± 0,85*	
	♀	32,55 ± 1,19* ^a	36,07 ± 1,87*	23,92 ± 1,19*	
8	♂	29,16 ± 2,48	35,46 ± 2,31*	23,99 ± 3,15	
	♀	38,42 ± 3,16 ^a	35,73 ± 2,25	27,56 ± 2,69	
52	♂	44,89 ± 2,75*	37,19 ± 2,59	42,20 ± 5,81*	
	♀	32,67 ± 2,41 ^a	33,92 ± 2,72	30,20 ± 2,15 ^a	
104	♂	47,89 ± 2,75	34,08 ± 1,92	41,91 ± 1,16	
	♀	58,38 ± 4,02* ^a	53,79 ± 2,72* ^c	43,48 ± 3,24*	

Objaśnienia: jak w tab. 1.

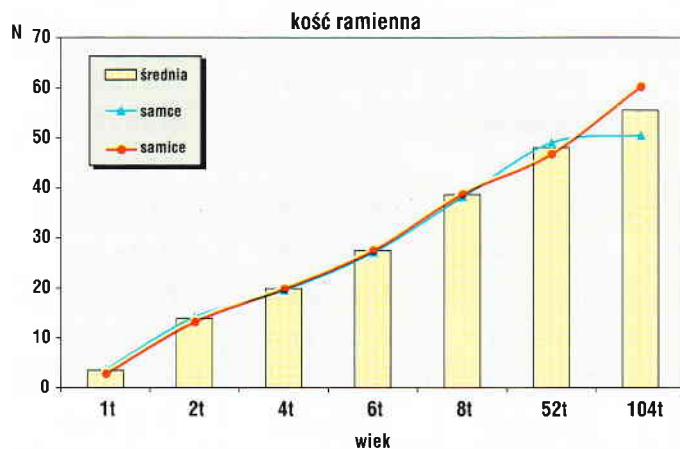
nikach wytrzymałościowych ich kości. Osteoporoza u niosek, definiowana jest jako pogorszenie mineralnej struktury kości, prowadzące do wzrostu ich kruchości i podatności na złamania (26). Osteoporotyczne kury wykazują wyraźny ubytek struktury kości w całym szkielecie. Rozpoczyna się on w momencie osiągnię-



Ryc. 2. Wartość siły łamiącej dla kości udowej w ciągu dwu lat życia przepiórek



Ryc. 3. Wartość siły łamiącej dla kości piszczelowej w ciągu dwu lat życia przepiórek



Ryc. 4. Wartość siły łamiącej dla kości ramiennej w ciągu dwu lat życia przepiórek

cia przez nie dojrzałości płciowej, a w najostrzejszej formie występuje pod koniec cyklu nieśności (28). Uważa się, że wzrost poziomu estrogenów we krwi u dojrzewających samic, wywołuje przestawienie budowy kości ze szkieletowych na szpikowe. Postępująca resorpcja kości szkieletu prowadzi do osteoporozy (26). Natomiast bardzo wysokie wartości wskaźników mechanicznych kości u ptaków dwuletnich, wskazują na odbudowę kości szkieletowych po zakończeniu okresu intensywnej nieśności. Świadczy to o tym, że przy

właściwym żywieniu siła kości utrzymywana jest na odpowiednim poziomie do końca okresu reprodukcyjnego ptaków.

Piśmiennictwo

1. Aziz-Abdul T. A.: Cage layer fatigue is a complicated problem. World's Poultry Sci. J. 1998, 14, 56-58.
2. Badurski J., Sawicki A., Boczoń S.: Osteoporoza. Osteoprint, Białystok 1994.
3. Dacke C. G.: Calcium regulation in sub-mammalian vertebrates. Academic Press, New York, 1979.
4. Dacke C. G., Arkle S., Cook D. J., Wormstone I. M., Jones S., Zaidi M., Bascal Z.: Medullary bone and avian calcium regulation. J. Exp. Biol. 1993, 184, 63-68.
5. Ferretti J. L., Capozza R. F., Mondelo N., Zanchetta J. R.: Interrelationships between densitometric, geometric, and mechanical properties of rat femora: inferences concerning mechanical regulation of bone modeling. J. Bone Mineral Res. 1993, 11, 1389-1396.
6. Flemming R. H., McCormack H. A., McTier L., Whitehead C. C.: Medullary bone and breaking strength of laying hens. Res. Vet. Sci. 1998, 64, 63-67.
7. Frost H. M.: Obesity and bone strength, and mass: a tutorial based on insight from new para-digm. Bone. 1997, 21, 211-214.
8. Galus K.: Choroby metaboliczne kości. Med Tour Press International, Wyd. Medyczne, Warszawa 1994.
9. Gregory N. G., Wilkins L. J.: Skeletal damage and bone defects during catching and processing. W: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Whitehead C. C., wyd. Carfax Publishing Co., Oxford, UK 1992.
10. Julian R. J.: Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. Poultry Sci. 1998, 77, 1773-1780.
11. Kaczanowska E., Gromysz-Kałkowska K., Szubartowska E.: Morphotic composition of bone marrow and peripheral blood in various periods of the life cycle of the Pharaoh quail (*Coturnix coturnix* Pharaoh). Folia Biol. 1988, 36, 3-18.
12. Knott L. C., Whitehead C. C., Flemming R. H., Bailey A. J.: Biochemical changes in collagenous matrix of osteoporotic avian bones. Biochem. J. 1995, 310, 1045.
13. Knowels T. G., Wilkins L. J.: The problems of broken bones during handling of laying hens – a review. Poultry Sci. 1998, 77, 1798-1802.
14. Kot J., Kubik J.: Changes of some morphological properties of the body in Japanese quail *Coturnix coturnix japonica* in its postnatal growth. Annales UMCS, sec C, 1988, 43, 59-71.
15. Kraszewska-Domańska B.: Przepiórki. PWRiL, Warszawa 1978.
16. Kubik J., Orfin G.: Zmiany masy ciała i trzustki przepiórki rasy Faraon (*Coturnix coturnix* Pharaoh) w rozwoju postnatalnym. Annales UMCS, sec. C, 1990, 45, 17-25.
17. Miller S. C., Bowman B. M.: Medullary bone osteogenesis following estrogen administration to mature male Japanese quail. Develop. Biology, 1981, 87, 52-63.
18. Mueller W. J., Schraer R., Schraer H.: Calcium metabolism and skeletal dynamics of laying pullets. J. Nutr. 1964, 84, 20-26.
19. Radomska W., Skolasiński W., Tyszcza Z.: Charakterystyka wybranych cech użytkowych i korelacje fenotypowe między nimi u przepiórki japońskiej. Pr. Mat. Zootech. 1975, 7, 41-65.
20. Rath N. C., Balog J. M., Huff W. E., Huff G. R., Kulkarni G. B., Tierce J. F.: Comparative differences in the composition and biochemical properties of tibiae of seven- and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens. Poultry Sci. 1999, 78, 1232-1239.
21. Rath N. C., Huff G. R., Huff W. E., Balog J. M.: Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poultry Sci. 2000, 79, 1024-1032.
22. Seeman E.: The structural basis of bone fragility in men. Bone, 1999, 25, 143-147.
23. Simkiss K.: Calcium in reproductive physiology. Chapman and Hall, London 1967.
24. Sturkie P. D.: Avian Physiology. Springer-Verlag, New York 1976.
25. Whitehead C. C., Wilson S.: Characteristics of osteoporosis in hens. W: Bone biology and skeletal disorders in poultry. Whitehead C. C., wyd. Carfax Publishing Co., Abingdon, UK, 1992.
26. Whitehead C. C., Fleming R. H.: Osteoporosis in cage layers. Poultry Sci. 2000, 79, 1033-1041.
27. Wilson W. O., Abbot U. K., Abplanalp H.: Evolution of *Coturnix* (Japanese quail) a pilot animal for poultry. Poultry Sci. 1961, 40, 651-657.
28. Wilson S., Duff S. R. J., Whitehead C. C.: Effects of age, sex and housing on trabecular bone of a laying strain domestic fowl. Res. Vet. Sci. 1992, 53, 52-58.

Adres autora: dr Elżbieta Kaczanowska-Taraszkiewicz, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin