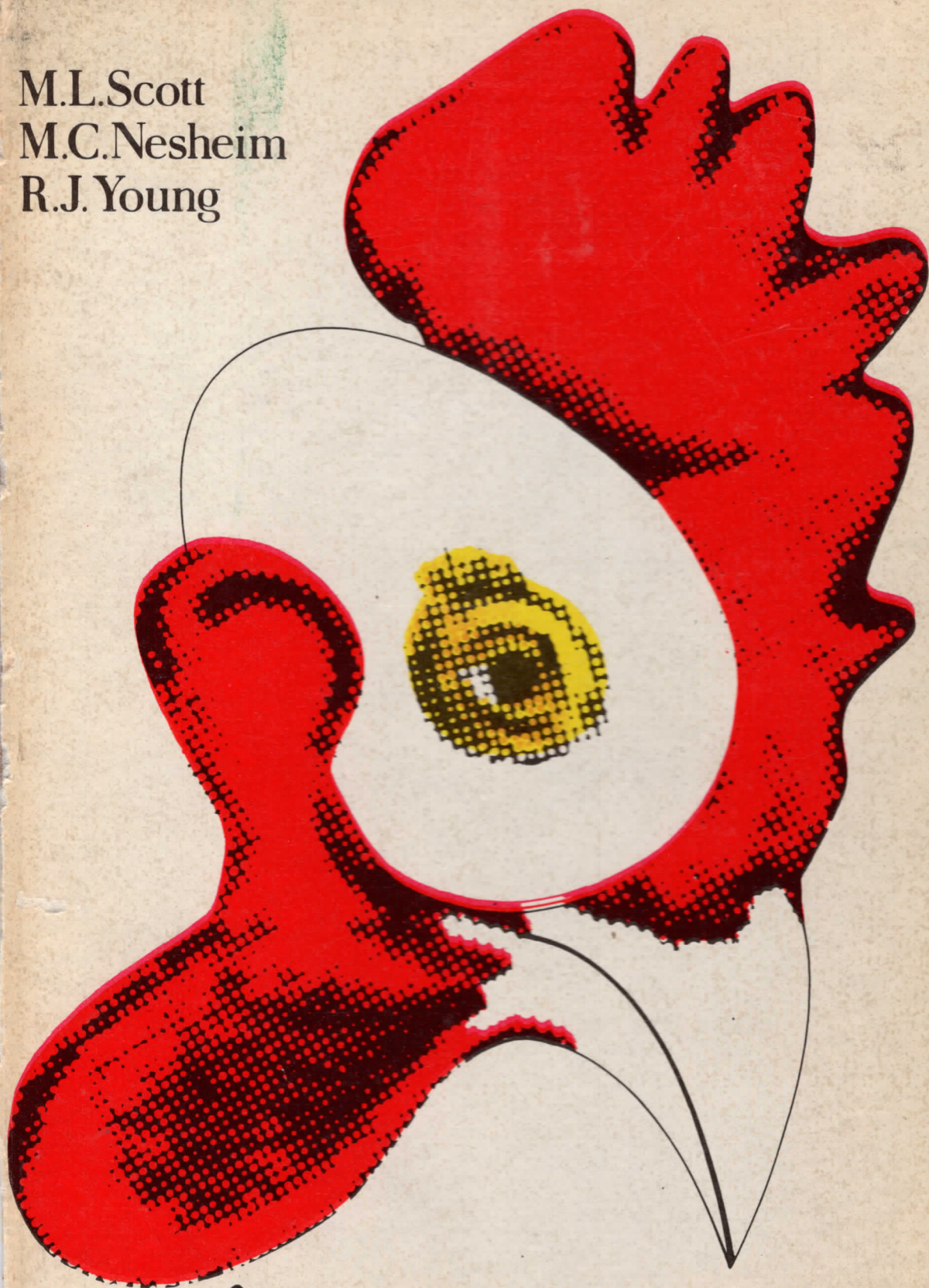


M.L.Scott
M.C.Nesheim
R.J.Young



Żywienie kur

Wapń

Rola fizjologiczna

Funkcje metaboliczne

Wapniowe i fosforanowe składniki kości. W organizmie zwierzęcym przeważająca część wapnia znajduje się w kościach (ponad 90%), stanowiąc prawie jedną trzecią ich suchej odtłuszczonej masy. Głównym składnikiem kości jest fosforan wapnia, a ponadto węglan wapnia (ok. 13%), fosforan magnezu (2%) oraz inne związki (5%), wśród których część (ok. 0,5—3%) występuje w postaci soli kwasu cytrynowego. Odkładanie fluorków jest najszybsze w kościach, w których aktywność metaboliczna jest największa. Fluor jest ważnym, jeśli nie niezbędnym składnikiem kości, ale w niewielkich tylko ilościach. Nadmiar fluorków powoduje stwardnienie (zagęszczenie) tkanki kostnej (*osteosclerosis*), a pierwsze tego objawy występują w kręgosłupie.

Sieć krystaliczna fosforanów kości jest podobna jak w fosforanie wapnia apatytów, z których najlepiej zbadaną odmianą jest apatyt hydroksylowy. Według Mooneya i Aia budowa chemiczna kości jest ciągle jeszcze niedostatecznie dokładnie poznana. Badania porównawcze nad syntetycznymi i naturalnymi apatytami hydroksyloowymi wykazały, że w apatytowym składniku związków mineralnych kości wapń i fosfor nie występują w stosunku stechiometrycznym, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, do którego brak około 10% wapnia. Badania w podczerwieni wskazują, iż brakujący ładunek elektronów w apatytach z niedoborem wapnia zastąpiony jest przez wodór — tworzący ogniwo między jonami ortofosforanu — w ilości dostatecznej do zachowania odczynu obojętnego; gdy podgrzewa się apatyty kości do 300—600°, następuje kondensacja niektórych jonów ortofosforanowych do pirofosforanów. Ponieważ te ostatnie powstają (pod działaniem ciepła) w wyniku odwodnienia i kondensacji grup fosforanów połączonych przez wodór, reakcję tę można uważać za miernik stechiometrycznego niezbilansowania apatytów. Według Posnera i współpr. „niedojrzała” kość tworzy więcej pirofosforanów pod wpływem ogrzewania niż kość „dojrzała”.

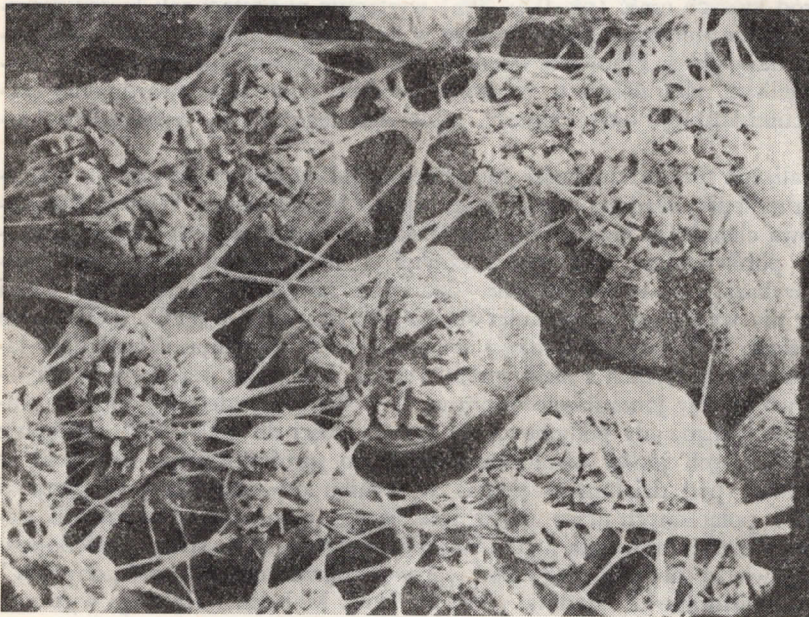
Wapniowe i fosforanowe składniki surowicy krwi. McLean i Hastings wykazali, że głównie od białek surowicy zależy, jaka część Ca występuje w postaci zjonizowanej (wapń dyfundujący), a jaka w związanej. Jednakże również hormon gruczołów przytarczycznych (parathormon) i witamina D wywierają znaczny wpływ na zawartość w krwi wapnia całkowitego i zjonizowanego. Tylko około 6,5% wapnia osocza znajduje się w formie związków chelatowych, w czym połowa z cytrynianami i fosforanami. Dane z tabeli 5-5 wskazują na znaczny wzrost poziomu wapnia w krwi, towarzyszący wejściu kur w okres dojrzałości płciowej.

Tabela 5-5. Wapń i fosfor w osoczu krwi kur różnego wieku, otrzymujących w paszy prawidłową ilość tych pierwiastków

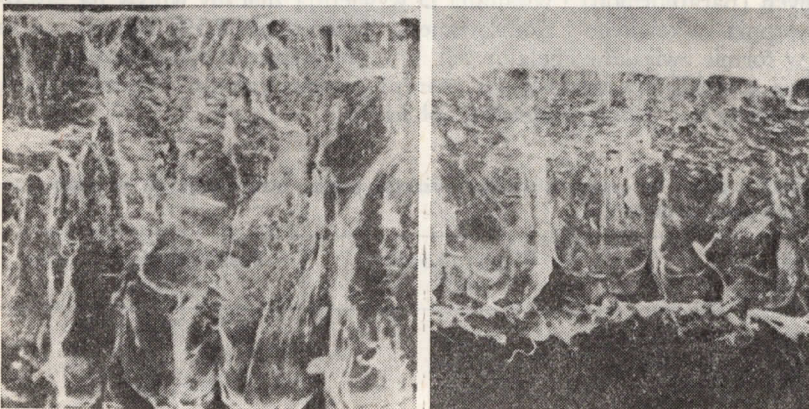
Wiek tyg.	Wapń całkowity mg%	Fosforany nieorganiczne mg%
11	11,5	5,7
14	11,4*	6,0
18	13,3	5,1
22	19,5	4,2

* Kury 14-tygodniowe mają 6,9 mg% wapnia związanego (oznaczonego metodą ultrafiltracji osocza).

Pobudliwość tkanek. Na początku osiemdziesiątych lat ubiegłego wieku Ringer doniósł o wpływie Ca^{2+} na skurcze serca żaby. Podstawowa rola jonów wapnia w determinowaniu pobudliwości tkanki nerwowej i mięśniowej nie jest znana. Obniżenie stężenia Ca^{2+} zmniejsza opór elektryczny błony neurytów (aksonów) i zwiększa jej przepuszczalność dla sodu i potasu, a tym samym wzmacnia pobudliwość nerwów, zmniejszając ich zdolność do repolaryzacji (samorzutne wyładowania, brak refrakcji i powrotu do stanu spoczynkowego, niezdolność do różnicowania bodźców). Podobnym zmianom ulega przekaźnictwo synaptyczne, gdyż niskie stężenie jonów wapnia powoduje nadpobudliwość włókien nerwowych przed- i pozazwojowych ze skłonnością do spontanicznych rozładowań. Z kolei, przy zupełnym braku Ca^{2+} nie dochodzi do uwolnienia acetylocholiny, wskutek czego przenoszenie w synapsach ulega zakłó-



Rys. 5-5. Brodawki warstwy mamiarnej połączone z włóknami zewnętrznej błony podskórnej



Rys. 5-6. Ultrastrukturalny obraz warstwy gąbczastej (palisadowej) mocnej — z lewej — i słabej skorupy

eniu. W podobny sposób, wydaje się, działa wapń na synapsy nerwowo-mięśniowe. Jeżeli stężenie Ca^{2+} jest wyższe od normalnego, wszystkie wymienione zjawiska przebiegają odwrotnie; na przykład w połączeniach (synapsach) aksono-mięśniowych powoduje to, że sarkolema (błona włókna mięśniowego) staje się mało wrażliwa, tak że maksymalny potencjał płytki końcowej (ruchowej) nie wystarcza do wzbudzenia potencjału czynnościowego we włóknie mięśniowym.

Według Brinka główny mechanizm działania wapnia polega na hamowaniu aktywnego transportu Na^+ i K^+ , gdyż stwierdzono, że nadmiar Ca^{2+} powoduje obniżenie przepuszczalności błony komórkowej dla obu tych jonów, gdy tymczasem zmniejszenie stężenia Ca^{2+} zwiększa tę przepuszczalność (dla obydwu jonów).

Wapń odgrywa istotną rolę również w pracy serca. Niezależnie od wpływu na pobudliwość nerwów oddziałuje on również na aparat kurczliwy włókien mięśniowych. Jeśli bowiem z płynu odżywczego, w którym umieszczono serce, usunąć Ca, skurcze ustają, mimo że aktywność elektryczna mięśnia sercowego utrzymuje się przez jakiś czas. Z kolei, istnieją dowody, że glikozydy nasercowe działają przez wywoływanie zmian w metabolizmie wapnia oraz że Ca jest ściśle związany z mechanizmem skurczowym gładkich włókien mięśniowych ściany naczyń krwionośnych.

Budowa skorupy jaja. Dojrzała komórka jajowa (żółtko) po wejściu do lejka jajowodu szybko przesuwa się wzdłuż odcinka, w którym wytwarzane jest białko (tzw. część główna jajowodu). Kiedy formujące się jajo dociera do cieśni jajowodu, zawiera już całą ilość gęstego białka, jakie znajdzie się w zniesionym jajku. Po wejściu do cieśni następuje pierwsze stadium tworzenia się skorupy; w tej części jajowodu jajo pokrywane jest najpierw delikatną siateczką włókien białkowych (keratynowych), które wchodzi w skład wewnętrznej (obiałkowej) błony podskorupowej. W czasie przesuwania się wzdłuż cieśni jajo otrzymuje drugą, grubszą warstwę włókien — zewnętrzną błonę podskorupową, stanowiącą podłoże, na którym tworzy się skorupa. Gdy jajo przechodzi następnie przez tzw. połączenie cieśniowo-maciczne (łączące cieśń z częścią maciczną jajowodu), na błonie zewnętrznej formują się brodawki warstwy mamilarnej (brodawkowej) późniejszej skorupy. Brodawki te są powiązane chemicznie z włóknami zewnętrznej błony podskorupowej poprzez odkładające się skupiska węglanu wapnia na organicznym podłożu (rys. 5-5). Kolejna, gąbczasta (palisadowa) warstwa skorupy, decydująca o jej wytrzymałości i grubości, wytwarzana jest w części macicznej. Warstwa ta ciągnie się od dolnej (przybłonowej) części brodawek prawie aż do powierzchni, a zbudowana jest z równoległe ułożonych kryształów wapniowych również na organicznym podłożu (w wyniku kalcyfikacji). Toteż odznacza się jednolitą konsystencją i spełnia rolę spoiwa wiążącego się z obłożonymi węglanem wapnia brodawkami. Grubość warstwy gąbczastej jest najistotniejszym czynnikiem stanowiącym o wytrzymałości skorupy (rys. 5-6). Ostatnim etapem budowy jaja przed zniesieniem jest utworzenie błonki naskorupowej, cienkiej, gładkiej, ale porowatej zewnętrznej osłonki skorupy. Błonka naskorupowa przyczynia się prawdopodobnie również do zwiększenia wytrzymałości skorupy.

Common prowadził badania nad zapotrzebowaniem kury na wapń do budowy skorupy i wykazał wpływ estrogenów na wzrost poziomu Ca w krwi przed rozpoczęciem nieśności oraz rolę enzymu anhidrazy węglanowej (węglowej) w dostarczaniu węglanowego składnika soli wapnia przeznaczonych do budowy skorupy.

Gdy kura osiąga dojrzałość płciową, estrogen uwalniany z jajnika powoduje — działając synergicznie z androgenami — powstawanie wtórnej tkanki kostnej (tzw. kości szpikowych) w jamie szpikowej głównie kości długich. W czasie, gdy formuje się skorupa pierwszego jaja, ta delikatna nowa struktura kostna wypełnia prawie całą jamę szpikową kości udowej. W tym poprzedzającym nieśność okresie masa całego kośćca kury wzrasta o 15—20 g, co odpowiada zmagazynowaniu dodatkowych 4—5 g wapnia. Wydaje się, że poziom tego pierwiastka w paszy wpływa na two-

rzenie się kości szpikowych, gdyż ptaki żywione w okresie 18—22 tyg. życia mieszaną zawierającą 3,3% Ca produkowały więcej wtórnej tkanki kostnej niż otrzymujące 0,6% Ca. Kości szpikowe zachowują się jak rezerwa wapnia, którą może organizm uruchomić w dowolnym momencie procesu formowania skorupy (Candlish 1971).

Pelanger i Taylor (1967) zaobserwowali, że na reabsorpcję kości szpikowych (osteoliza) w czasie wapnienia skorupy wywierają wpływ zmienione komórki kostne. Gdy kura otrzymuje niedostateczną ilość wapnia, tak że jego ogólny bilans jest ujemny, sekrecja parathormonu znacznie się zwiększa. Wskutek tego następuje mobilizacja wapnia z kości pierwotnych, co pozwala utrzymać właściwy poziom Ca w krwi. Przy ostrym niedoborze wapnia kury przestają się nieść i kości szpikowe są stopniowo resorbowane, prawdopodobnie dlatego, aby podtrzymać ważne życiowo funkcje, do których niezbędny jest wapń.

Doskonały problemowy przegląd dotyczący czynników biorących udział w budowie skorupy jaja przedstawił Antillon w 1976 r.

Rola węglanów. U wszystkich zwierząt do utrzymania homeostazy konieczna jest równowaga między anionami a kationami w krwi. Główne kationy osocza to sód i wapń; potas i magnez znajdują się głównie w składnikach morfotycznych (krwinkach czerwonych). Podstawowymi anionami są chlorki, wodorowęglany (dwuwęglany) i fosforany. Aminokwasy i białka mogą być, jako związki amfoteryczne, albo kationami, albo anionami, zależnie od stosunku występujących w nich grup karboksylowych do aminowych. Te główne elektrolity, aminokwasy oraz białka utrzymują właściwą równowagę kwasowo-zasadową, potrzebną do prawidłowego funkcjonowania komórek organizmu. Odgrywają one również dużą rolę w budowie skorupy. Każdy czynnik zmieniający stosunek kationów do anionów w krwi może zatem wywierać istotny wpływ na zawartość w niej wodorowęglanów, zmniejszając lub zwiększając w ten sposób ilość dostępnych jonów węglanowych, które gruczoł skorupowy może wykorzystać do mineralizacji (wapnienia) skorupy.

Zależna od temperatury otoczenia częstotliwość oddechów zmieniać się może od 29 na minutę w okresie chłódów do kilkuset na minutę w czasie upałów. Ta hiperventylacja powoduje obniżanie się poziomu dwutlenku węgla w krwi do tego stopnia, że przy zwiększeniu temperatury z 13° do 34° grubość skorupy zmniejsza się o około 12% (Mueller 1966). Mongin i współpr. wykazali poprawę jakości skorupy jaj przy zwiększaniu poziomu CO₂ w powietrzu. Podobne wyniki otrzymali Frank i Burger z Uniwersytetu Kalifornijskiego. Większa ilość dwutlenku węgla, jeśli utrzymuje się w atmosferze przez czas dłuższy, powoduje kwasicę, kompensowaną następnie w wyniku wtórnego wchłaniania wodorowęglanów w nerkach i zwiększania tym sposobem ich ilości w krwi. Podwyższając stężenie CO₂ w kurnikach uzyskiwano poprawę jakości skorupy jaj, a także wzrost nieśności (Mongin i współpr.).

Zawartość sodu potrzebną do uzyskania skorupy o najlepszej jakości określono na co najmniej 0,1%. Mongin uważał również, że poziom białka w paszy, nieco przewyższający zapotrzebowanie, może wpływać na nasilenie produkcji kwasu moczowego, którego wzmożone — w związku z tym — wydalanie pociąga za sobą wzrost zużycia potasu. Taki dodatkowy wydatek tego pierwiastka prowadzić może do kwasicy, a w konsekwencji obniżyć jakość skorupy jaj. Zapobiec temu można zwiększając zawartość potasu w paszy.

Liczni badacze próbowali zwiększać stężenie węglanów w krwi podając nieśnym kurom wodorowęglan (dwuwęglan) sodu. Jak długo udział chlorków w paszy jest pokaźny, anionowym składnikiem krwi są głównie jony Cl⁻, wobec czego zwiększenie zawartości wodorowęglanów będzie bardzo niewielkie (Mongin). Dopiero obniżenie ilości chlorków w mieszance do minimum może spowodować poprawę jakości skorupy wskutek intensywniejszej reabsorpcji wodorowęglanów w nerkach, a więc i podniesienia ich stężenia w krwi. Zdaniem Mongina 0,2% NaCl zapewnia

ilość chlorków dostateczną do produkcji jaj. W tych warunkach podanie 0,1% Na_2SO_4 stanowić może dodatkową dawkę potrzebnego sodu, a jednocześnie źródło siarczanów, zmniejszając zapotrzebowanie na aminokwasy siarkowe (por. rozdz. 3).

Według danych literatury dodanie do paszy niosek kwasu askorbinowego poprawia produkcję jaj i jakość skorupy. Sprawę tę badano w wielu pracowniach na całym świecie, nie we wszystkich jednak wypadkach uzyskano pożądany efekt. Thornton i Deeb (1961) wykryli, że ilość kwasu askorbinowego, syntetyzowanego w nerkach w optymalnych warunkach środowiskowych, zaspokaja fizjologiczne potrzeby kur. Jednakże jego poziom w krwi spada wraz ze wzrostem temperatury otoczenia z 21° do 31° . Spadek ten przypisywano wyczerpywaniu się endogennych rezerw (kwas askorbinowy nadnerczy itp.), jak również zmniejszaniu tempa ustrojowej syntezy.

Dodanie kwasu askorbinowego do paszy (44 mg/kg) zapobiega podwyższaniu się temperatury ciała przy wzroście temperatury środowiska zewnętrznego (Lyle i Moring 1968). W związku z tym nie dochodziło do osłabienia skorupy jaj, obserwowanego — jak wspomniano — w warunkach zwiększonej ciepłoty otoczenia.

Dostawa wapnia z paszą. Wykazano, że kury otrzymujące w mieszance (dla niosek) 3,5—4,0% Ca zachowują jedynie około 50% wapnia pobranego (Griminger 1961). Kura przyjmująca 3,6 g Ca dziennie zatrzymuje więc około 1800 mg w ciągu około 18 godz. dostępu do paszy, czyli około 100 mg/godz. Badania Hurwitza i Bara (1965, 1969) potwierdziły, iż absorpcja wapnia przekracza 100 mg na godzinę, gdy jajo znajduje się w części macicznej jajowodu, lecz jest znacznie niższa, gdy skorupa jaja nie jest produkowana.

Prawidłowe duże jajo zawiera około 2,0—2,2 g Ca, wobec czego kura otrzymująca całą ilość wapnia diety w mieszance pełnoporcjowej musi w ciągu godzin nocnych, gdy ustaje dostawa wapnia z paszą, pobrać około 0,2—0,4 g Ca ze swych kości. Należy sądzić, że jeżeli zamiast części mialkiego węglanu wapnia w takiej mieszance poda się grubo zmielone skorupy ostryg, jakość skorupy jaj ulegnie poprawie, gdyż kury będą wykorzystywały wapń z takiego źródła przez 24 godz. na dobę. Wchłaniając 100 mg Ca w ciągu całej doby, kura może zatrzymać 2,4 g tego pierwiastka, a więc nieco więcej niż potrzeba (2,0—2,2 g) do utworzenia dobrej skorupy jaja.

Skorupy ostryg jako źródło wapnia. W celu sprawdzenia wspomnianej hipotezy porównywano wartość mielonej kredy pastewnej jako jedyne źródła wapnia oraz różnych jej kombinacji ilościowych ze skorupami ostryg oraz żwirkiem wapiennym. Do doświadczeń użyto wysokoprodukcyjnych kur (Babcock), a ogólną zawartość wapnia w mieszance utrzymywano na poziomie 3,5%. Wytrzymałość skorupy jaj była istotnie wyższa, gdy kury otrzymywały skorupy ostryg w ilości $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ całego dodatku wapnia, niż gdy dostawały wyłącznie mieloną kredę.

Cząstki węglanu wapnia powinny być dostatecznie duże i twarde, aby część z nich pozostawała w mielcu przez noc, jednak na tyle miękkie i o tak dużej powierzchni, aby sok (kwas) żołądkowy rozpuszczał je z prędkością pozwalającą na włączenie do krwiobiegu około 75 mg Ca na godzinę.

Doświadczenie przeprowadzone przez Meyera, Scotta i Bakera w 1973 r. wykazało, że skorupy ostryg podane w takiej ilości, aby ogólna zawartość wapnia w paszy wynosiła 3%, dawały nieco lepsze wyniki niż osiągnięte ze żwirkiem wapiennym lub też granulowanymi skorupami jaj. Z kolei, produkowane jaja miały wyraźniej mocniejsze skorupy przy skarmianiu — jako jedyne źródła wapnia — żwirku wapiennego lub granulowanych skorup jaj niż przy stosowaniu mielonej kredy.

U wysokoprodukcyjnych kur jajo pozostaje w „macicy” dużo krócej niż u kur z rodów mniej nieśnych. W mieszance dla pierwszych skorupy ostryg lub żwirek wapienny są znacznie bardziej potrzebne niż dla niosek, u których jajo utrzymuje się w tej części jajowodu przez czas dłuższy.

Ustalenie normy zawartości skorup z ostryg w mieszance jest bardzo trudne, gdyż pod względem zapotrzebowania istnieją duże różnice między stadami kur, a także między okresami nieśności. Dotychczasowe dane wskazują, że w okresie początkowym (20—40 tyg. życia) zapotrzebowanie na skorupy ostryg jest niewielkie. Przy stosowaniu automatycznych karmideł pasza musi zawierać minimum około 4% takich skorup, aby po przesunięciu się paszy przez cały zamknięty obwód karmideł część ostryg wróciła do zbiornika. W wieku powyżej 40 tyg. maksymalne wchłanianie wapnia przez całą dobę można zapewnić przy podawaniu 4% skorup ostryg i 3,5% kredy mielonej (co razem daje ok. 3,5% Ca w całej mieszance).

Skutki niedoboru

Objawy niedoboru. Są one liczne i wielostronne: 1) opóźnienie wzrostu; 2) obniżenie spożycia pokarmu; 3) wysokie tempo przemiany podstawowej; 4) zmniejszona ruchliwość i wrażliwość; 5) zanik kostny (osteoporoza) lub krzywica; 6) nieprawidłowa postawa i chód; 7) skłonność do wewnętrznej krwotoczności; 8) znaczne zwiększenie wydalania moczu; 9) skrócenie okresu życia; 10) ścienienie skorupy jaj i zmniejszenie nieśności; 11) tężyczka. Ustrojowe zmiany chemiczne polegają na szybkim spadku poziomu wapnia w osoczu krwi i obniżeniu stężenia Ca i Mg w całej tuszce. Nie ulega zmianie: zawartość osoczowego nieorganicznego P, Mg i fosfatazy, magnezu krwinek czerwonych, cukru w krwi i hemoglobiny oraz ilość wapnia w tkankach miękkich. Natomiast znacznej demineralizacji ulegają kości, a zawartość popiołu i wapnia zmniejsza się do około połowy normalnego stanu.

Zmęczenie klatkowe. Jest to choroba obserwowana u niosek utrzymywanych w klatkach. Stanowi odmianę osteoporozy ze znacznym ubytkiem fosforanu wapnia w tkance kostnej, zwłaszcza długich kości nóg, w tym również kości szpikowych. Kości tak cienieją, że łatwo ulegają złamaniu, lub też tak się demineralizują, że nie mogą już utrzymać ciężaru ciała. Jak wspomniano, schorzenie to występuje niemal wyłącznie przy chowie klatkowym, rzadko zaś zdarza się u kur trzymany w budynkach na podłodze z ściółką. Wielokrotnie donoszono nawet o przypadkach ustępowania zmian chorobowych po przeniesieniu z klatek na ściółkę.

Etiologia zmęczenia klatkowego nie jest jeszcze całkowicie poznana. Wielu żywieniowców i patologów stwierdzało jednak, że w licznych wypadkach choroba występowała przy skarmianiu paszy ubogiej w wapń, zwłaszcza gdy zawierała przy tym nadmiar fosforu. Wtórny tego następstwem stawała się nadczynność gruczołów przytarczycznych (na tle pokarmowym) wpływająca na odpowiednie kości (Antillon 1976).

Wpływ długotrwałego skarmiania diet ubogich w wapń badali Taylor i Moore z Uniwersytetu w Reading: nieśność ustawała po wyprodukowaniu 6 jaj. Inne badania wykazały, że przy okresowych (przerwywanych) niedoborach Ca produkcja jaj zazwyczaj obniża się, lecz nie ustaje całkowicie. Gdy kury otrzymują dietę niedoborową pod względem wapnia, nieśność na ogół zmniejsza się, wobec czego kości nie zostają zdemineralizowane. Przyczyną tego jest prawdopodobnie fakt, że dopiero przy określonym poziomie wapnia w krwi nastąpić może pobudzenie przysadki gruczołowej do produkcji hormonu dojrzewania pęcherzyków jajnikowych (FSH). Z nieznanych powodów niekiedy utrzymuje się jednak wysoka nieśność, chociaż kury otrzymują karmę niedoborową. Wówczas wapń czerpany jest z kości, a kury stają się kalekie, kuleją; przypadki takie mogą się też kończyć śmiercią.

Uzupełnianie niedoborów ustrojowych. U prawidłowo rozwiniętych kur, które zostały odwapnione przez skarmianie niedoborowej diety, nieśność i zawartość Ca w skorupie jaj powraca do normy w 6—8 dni po podaniu karmy z właściwą ilością

wapnia. Po 3 tyg. zawartość wapnia w kościach nóg całkowicie wraca do normy. Badania nad silnym odwapnieniem z jednoczesną awitaminą D prowadził Urist. Stwierdził on, że przy niedoborze wapnia nadnercza są powiększone, co wskazuje na stan stresowy w klasycznym znaczeniu tego słowa.

Problemy związane z nadmiarem

Przez wiele lat sądzono, że hormon gruczołów przytarczycznych jest jedynym regulatorem poziomu wapnia w osoczu. W 1962 r. Copp i współpr. przedstawili jednak dowody na istnienie drugiego czynnika, kalcytoniny, działającego antagonistycznie w stosunku do parathormonu.

Kalcytonina. Doświadczenia z 1967 r. wskazywały, że hormon kalcytonina produkowany jest w znacznych ilościach przez przypęcherzykowe komórki C gruczołu tarczowego ssaków (Bussolati i Pearse). U większości innych kręgowców, łącznie z ptakami, takie komórki wewnątrzwydzielnicze wykryto w niewielkich gruczołach szyjnych, zwanych ciałkami pozaskrzelowymi, usytuowanych niezależnie od tarczycy. U ssaków kalcytonina powoduje obniżenie poziomu wapnia w krwi, wstrzymując jego absorpcję z kości. Bélanger i Copp w 1972 r. wykazali, że hamowanie resorpcji kości jest następstwem zmniejszonej osteolizy (a więc miejscem działania są osteocyty). Poglądy na rolę ciałek pozaskrzelowych i kalcytoniny u ptaków są jednak kontrowersyjne (Copp 1970, Brown i współpr. 1970).

Hiperkalcemia i hipofosfatemia u młodych kur. Doświadczenia prowadzone w Uniwersytecie im. Cornella na rosnących młodych kurach wykazały, że spasanie dawek zawierających ponad 2,5% wapnia w okresie od 8 do 18 tyg. życia powoduje częste przypadki nerczycy (*nephrosis*), a także pojawianie się ognisk zwapnienia w narządach wewnętrznych i odkładanie moczanu wapnia w moczowodach; śmiertelność w tych stanach chorobowych sięga 10—20%.

W ciągu 1—2 tyg. przy skarmianiu paszy o wysokim poziomie wapnia u młodych kur rozwija się hiperkalcemia i hipofosfatemia. Gruczoły przytarczyczne zmniejszają się i ich aktywność wydzielnicza znacznie spada. Skarmianie dużych ilości wapnia powoduje zmniejszenie spożycia paszy i przyrostów wagi żywej oraz opóźnia dojrzewanie płciowe. Śmiertelne zejścia wskutek nerczycy obserwowano w okresie wzrostu, a także aż po daleko zaawansowany okres nieśności.

Skarmianie pasz o wysokim poziomie wapnia nie jest szkodliwe dla starszych, 18-tygodniowych kur. W tym wieku prawidłowy rozwój płciowy powoduje fizjologiczną hiperkalcemię, której towarzyszy zdolność do metabolizowania zwiększonych ilości wapnia, z jakimi nie mogą sobie poradzić ptaki młode, jeszcze niedojrzałe.

Do wieku 18—20 tyg. zaleca się więc żywić kury mieszankami zawierającymi nie więcej niż 1,2% wapnia.

Wchłanianie i przyswajanie

Rolę witaminy D₃ w zwiększaniu wchłaniałości wapnia potwierdzili Sallis i Holdsworth w badaniach z zastosowaniem promieniotwórczego ⁴⁵Ca; wykazano, że absorpcja in vivo poprawia się w takich warunkach na całej długości jelita cienkiego. Badania Wassermana i współpr. (1966) wskazały na udział witaminy D₃ w indukowaniu syntezy białka transportującego wapń w błonie śluzowej jelita; sprawę tę opisano szczegółowo w rozdziale 4. Mechanizm regulujący wchłanianie wapnia i syntezę 1 α ,25-(OH)₂-D₃ na zasadzie sprzężenia zwrotnego, opisano także w części rozdziału 4 dotyczącej witaminy D.

Źródła i zapotrzebowanie

Źródła

Większość pasz pochodzenia roślinnego, z wyjątkiem mączki z lucerny, jest uboga w wapń. Zapotrzebowanie kur pokrywają więc głównie: mączka rybna, mączka mięsno-kostna, mączka kostna, fosforany wapnia, kreda pastewna i skorupy ostryg. Ross doniósł w 1974 r., że również rozdrobniony koralowiec może być dobrym źródłem wapnia dla niosek. Zawartość tego pierwiastka w różnych paszach przedstawiono w tabeli 9-6.

Zapotrzebowanie

Niezbędne dla kur ilości wapnia w dawce pokarmowej podano w tabeli 5-1.

Okres wzrostu. Optymalne przyrosty wagi żywej i wapnienie kości u kurczęcia obserwuje się, gdy poziom wapnia w dawce waha się od około 0,6 do 1,2% (przy ilości dostępnego fosforu ok. 0,5%). Zalecany przez NRC 1-procentowy dodatek wapnia należy więc uważać za właściwy. Ze względu na różną zawartość kości w składnikach pochodzenia zwierzęcego, jak też zdarzające się niedostateczne wymieszanie (homogenizacja) oraz nierównomierne rozdzielanie się w masie mieszanki jej pylistych składników, zwłaszcza sproszkowanej kredy pastewnej, zawartość wapnia w przemysłowych paszach dla kurcząt może się wahać w granicach $\pm 20\%$ recepturowej ilości.

Okres nieśności. Współczesne wysokoprodukcyjne kury nieśne potrzebują dostatecznej ilości wapnia na produkcję mocnych skorup jaj, niezbędnych w warunkach dzisiejszego handlu.

Dzienne zapotrzebowanie kur na wapń (przy różnej nieśności) przedstawiono w tabeli 5-6.

Wprawdzie na początku okresu produkcyjnego jajo waży tylko około 45 g, czyli zawiera w przybliżeniu zaledwie 1,5 g wapnia, jednak przy końcu I fazy nieśności, mniej więcej w wieku 40 tyg., masa jaja osiąga około 56 g, w czym około 2 g Ca. Jeśli się przyjmie, że młoda kura w czasie I fazy wyzyskuje wapń na produkcję skorupy w 60%, to przy 100% nieśności jej zapotrzebowanie będzie wynosiło 3,3 g Ca dziennie.

Zakładając, że w dniach, w których kura nie znosi jaja, wapń może być zmagazynowany w kościach, a później zużyty na wytworzenie skorupy, należy się spodziewać, iż wraz ze spadkiem nieśności zapotrzebowanie maleje w stosunku do jego wielkości z okresu codziennego składania. Jednakże w przemysłowych stadach kur przy dzisiejszej intensywnej produkcji jaj zakłada się że *ś r e d n i a* nieśność stada w I fazie wynosi mniej więcej 78%, a produkcja szczytowa dochodzi do 95%; w tych warunkach wiele kur musi mieć w tej fazie stuprocentową nieśność. Trzeba więc wszystkim dostarczyć tyle wapnia w paszy, ile potrzeba na codzienne znoszenie jaj. Dlatego też w tabeli 9-1a zapotrzebowanie kur na wapń w I fazie nieśności podano w wysokości 3,3%.

Tabela 5-6. Dzienne zapotrzebowanie niosek na wapń (w gramach) — przy różnej nieśności

Nieśność %	Młode kury (22—40 tyg.)	Dorosłe kury (> 40 tyg.)
100	3,3	3,7
90	3,0	3,3
80	2,7	3,0
70	2,3	2,6

Po 40 tyg. życia masa jaj zwiększa się tak, że większość z nich zawiera około 2,2 g Ca. Wobec tego, że wiele kur niesie jeszcze prawie 100%, a powinno się dążyć do utrzymania tego tempa nieśności możliwie jak najdłużej, poziom wapnia, zalecany w tabeli 9-1a dla kur w tym wieku wynosi 3,7%.

Zależność od wielkości spożycia paszy. Poziom wapnia dla młodych (3,3%) i dorosłych kur (3,7%) przyjęto zakładając, że zawartość energii w paszy i sytuacja środowiskowa umożliwia każdej kurze spożycie około 100 g mieszanki dziennie. Jeśli jednak warunki te nie zapewniają takiego pobrania i odbiega ono znacznie od założonych 100 g na kurę dziennie, należy odpowiednio dostosować podaż wapnia (tab. 5-7).

Jeśli mieszanki dla niosek jaj konsumpcyjnych i kur hodowlanych mają być spasane obok ziarna, nie można włączać do nich całej ilości wapnia, potrzebnej do pokrycia zapotrzebowania. Trzeba by bowiem dodać tyle wapnia, że pasza byłaby zbyt pylista i niesmaczna. Dlatego też przy spasaniu ad libitum mieszanek oraz ziarna należy umożliwić pobieranie tłuczonych muszli lub innego dodatku wapnia również do woli.

Tabela 5-7. Dzielne zapotrzebowanie niosek na wapń (w % dawki) — przy różnej wielkości spożycia i 100% nieśności

Pobranie paszy g/dzień	Młode kury (22—24 tyg.)	Dorośle kury (> 40 tyg.)
80	4,1	4,6
90	3,7	4,1
100	3,3	3,7
110	3,0	3,4
120	2,8	3,1
130	2,6	2,4
140	2,4	2,7

Przy stosowaniu dużych leczniczych dawek tetracyklin pożądane okazało się ograniczenie wapnia do minimum, aby osiągnąć maksymalny poziom antybiotyku w krwi. Podawanie tego pierwiastka można na okres tygodnia lub więcej zmniejszyć bez szkody do 0,6% w początkowym okresie wzrostu i do 0,4% w okresie późniejszym. Dla niosek i kur hodowlanych obniżona dawka nie powinna jednak wynosić mniej niż 1,5%, a stosowanie jej trwać dłużej niż jeden lub dwa dni z rzędu.

Nutrition of the Chicken

Second Edition 1976

by Milton L. Scott, Ph. D.
Professor of Animal Nutrition

Malden C. Nesheim, Ph. D.
Professor of Nutrition

Robert J. Young, Ph. D.
Professor of Animal Nutrition

Department of Poultry Science and
Division of Nutritional Sciences
Cornell University Ithaca, New York

Copyright © 1976

M.L. Scott and Associates, Publishers
Ithaca, New York
14850

All rights reserved

636.521/.58.084/.087:
619.5: 614.95: 612.39