

43

Circular
Técnica

Osteoporose em Poedeiras Comerciais: Uma Doença Metabólica Multifatorial

1. Introdução: Osteoporose, um problema econômico e de bem-estar

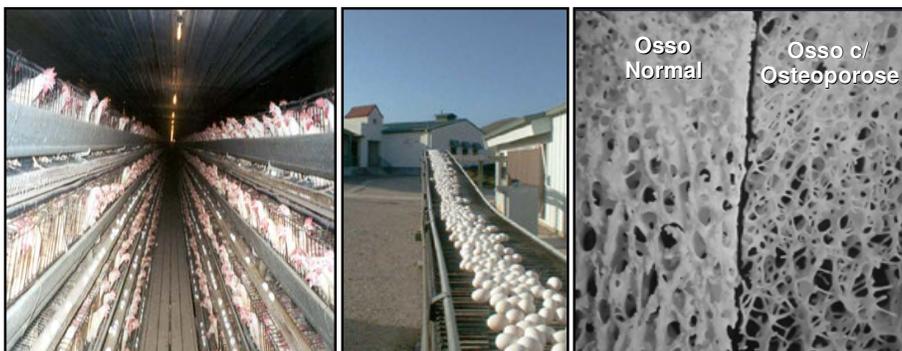
Osteoporose caracteriza-se pelo decréscimo progressivo na quantidade de osso estrutural mineralizado acarretando em fragilidade óssea e susceptibilidade à fraturas. A osteoporose em poedeiras está associada à “fadiga de gaiola”, uma condição de perda óssea observada logo após a introdução e larga adoção de gaiolas em aviários de postura comercial. A fragilidade óssea, característica na condição da fadiga de gaiola, manifestava-se na grande incidência de aves apresentando ossos fraturados. O confinamento das aves durante toda sua vida produtiva em gaiolas contribuiu com a perda óssea devido à limitação à atividade física e implicações da manifestação da osteoporose com o bem-estar animal surgiram em poedeiras comerciais. Perdas econômicas somaram-se ao problema devido à alta incidência de fraturas durante o processamento das carcaças e presença de fragmentos de ossos no produto final processado. Devido à fragilidade óssea das poedeiras em final de produção, o mercado passou a recusar a comercialização desse segmento, acarretando em mais um problema ambiental e de bem-estar. Isso ocorre devido a dificuldade em dispor das aves sacrificadas em granjas comerciais e aos métodos de abate utilizados.

*Concórdia, SC
Outubro, 2005*

Autor

Helenice Mazzuco
Zootecnista, Ph.D.
Embrapa Suínos e Aves
Caixa Postal 21
CEP 89.700-000
Concórdia –SC
hmazzuco@cnpasa.embrapa.br

Considerando que a osteoporose é a principal senão, a única doença óssea multifatorial em poedeiras, a presente revisão objetiva oferecer informações relevantes para compreensão do problema e indicar perspectivas de soluções de modo a contribuir para melhoria no bem-estar das aves.



2. O osso medular e o balanço de cálcio em poedeiras

O “turnover” e metabolismo do Cálcio (Ca) em poedeiras comerciais é extraordinário quando comparado às outras classes de vertebrados do reino animal. O esqueleto é o reservatório de Ca e fósforo (P) do organismo e nas aves essa função é particularmente importante considerando que a casca do ovo contém aproximadamente 2 g de Ca, o que equivale a 10% do Ca corporal total da poedeira.

Um sistema bastante eficiente na homeostase do Ca em poedeiras envolveu adaptações evolucionárias, como a presença do osso medular, de modo a evitar o balanço negativo de Ca. A formação do osso medular é estimulada pela ação sinérgica de estrógenos e andrógenos acompanhada da maturação dos folículos ovarianos. Aumento no estrógeno circulante acompanha o início da maturidade sexual enquanto seu decréscimo na circulação sanguínea sinaliza o declínio na postura. O osso medular é formado rapidamente nos primeiros estágios da postura e continua a acumular-se lentamente durante todo o período da produção em substituição ao osso estrutural. O osso medular é caracterizado pela organização aleatória das fibras de colágeno em sua matriz e é considerado mecanicamente frágil ao comparar-se com o osso estrutural. O úmero (pneumático) é um osso considerado estrutural, apesar de possuir algum segmento medular. A densidade mineral do úmero de poedeiras monitoradas durante o segundo ciclo de postura após muda induzida nunca apresentou recuperação ao comparar-se com a tibia (osso medular), como indicado na Fig 1.

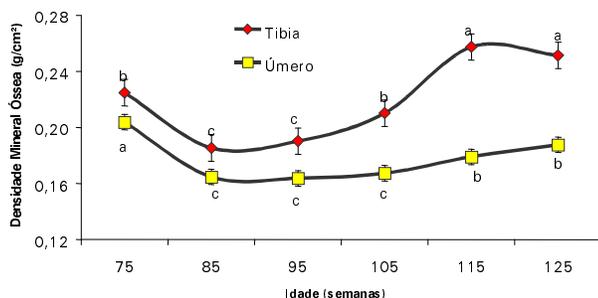


Fig.1. Efeito da idade sobre a densidade mineral da tibia e úmero em poedeiras comerciais (Médias \pm erro padrão, no mesmo tipo de osso, letras distintas indicam diferença significativa entre as idades, $P < 0,0001$). Aves foram induzidas à muda com 76 semanas de idade. Médias representam 27 aves/idade.

Uma poedeira deve absorver grande quantidade de Ca da dieta para calcificação das cascas dos ovos. Mecanismos fisiológicos na homeostase do Ca controlam a manutenção da integridade do esqueleto em resposta às diferentes necessidades nas diversas fases da vida produtiva de uma poedeira. A importância relativa do intestino e ossos como fontes de Ca dependem da concentração do Ca da dieta. Se a concentração de Ca na dieta for acima de 3,6%, a maior parte do Ca depositado na casca é derivado diretamente do Ca absorvido no intestino, todavia, se a concentração for menor que 2%, o Ca presente nos ossos irá suprir 30 - 40% do Ca presente na casca e, em dietas completamente deficientes em Ca, a fonte exclusiva desse mineral será o esqueleto. A reabsorção óssea ocorre muito mais rapidamente quando o Ca da dieta não estiver disponível no trato digestivo, por exemplo durante o período noturno no qual não há consumo da ração. Também no período noturno, a calcificação do ovo se inicia no oviduto e grande proporção do Ca depositado na casca é oriundo do esqueleto, principalmente dos ossos medular e cortical.

3. Causas da osteoporose em poedeiras comerciais

Assim como nos seres humanos, a etiologia da osteoporose em poedeiras é multifatorial, com elementos de origem nutricional, ambiental (manejo e instalações) e genéticos. A interdependência das distintas etiologias necessita ser conhecida de modo a se compreender a condição da perda óssea característica na osteoporose objetivando reduzir o problema. Entre os fatores envolvidos na manifestação da osteoporose, destacam-se:

3.1 Envelhecimento

A condição da fragilidade óssea típica em poedeiras comerciais no final do primeiro período de produção podem levar à alta incidência de fraturas durante a apanha e transporte até o abatedouro e desse modo, acarretando sérias implicações ao bem-estar das aves. A redução na mineralização concomitante ao aumento na reabsorção óssea são os primeiros sinais do desequilíbrio fisiológico que leva à lenta perda de osso estrutural.

Baixos valores de massa óssea e aumento no risco à fraturas são característicos em ossos de poedeiras “velhas” (em final do período de postura) e são conseqüências de mudanças na estrutura do colágeno e redução na mineralização. A perda na integridade óssea associada à idade ocorre em parte devido à redução na produção de osteoblastos, células responsáveis pela deposição da matriz óssea, e também, devido à perda na capacidade de absorção da Vitamina D no intestino e ossos. O declínio observado com a idade no nível de estrógeno também contribui com a menor mineralização do esqueleto devido à maior reabsorção óssea e como conseqüência, decréscimos no segmento estrutural dos ossos são observados.

Um fenômeno interessante ocorre em poedeiras devido à condição particular da presença do osso medular. Qualquer perda na densidade mineral dos ossos com a idade pode ser mascarada pelo aumento no componente medular devido ao seu menor emprego na calcificação da casca dos ovos em função do decréscimo na taxa de postura que ocorre com a idade. A substituição do osso estrutural pelo medular com o decorrer da postura tem como conseqüência a perda generalizada da resistência do esqueleto e simultaneamente, maior susceptibilidade a fraturas. Foi observado maior densidade da tibia ao comparar-se com o úmero em poedeiras durante o segundo ciclo de produção (Fig. 2). O maior conteúdo mineral no componente medular da tibia comparado ao do úmero muito provavelmente contribuiu com os valores observados na densidade mineral.

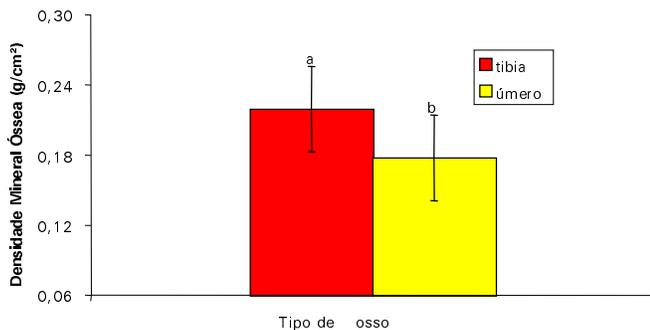


Fig.2. Comparação entre tibia e úmero de poedeiras com relação à densidade mineral óssea (g/cm^2) mensurada durante o segundo ciclo de produção. Médias \pm erro padrão, letras distintas indicam diferença significativa ($P < 0,0001$) entre ossos; cada valor representa média de 27 aves monitoradas a cada 10 semanas, de 75 a 125 semanas de idade.

Adicionalmente, o declínio na produção de ovos determinou menor necessidade de mobilizar o Ca

presente no osso medular das aves (como por exemplo, da tibia) para formação da casca dos ovos, levando à maior mineralização da tibia. Alternativamente, devido à avançada idade das aves, houve menor mobilização e transferência de Ca para a casca. Com o envelhecimento, os hormônios críticos à reprodução como estrógeno e seus receptores declinam, o que resulta na menor habilidade em absorver o Ca do trato gastrointestinal ou dos túbulos renais e, da redução na transferência do Ca ao útero para a formação da casca. Essa redução na capacidade de mobilizar o Ca para formação da casca pode ter causado o aumento no segmento medular dos ossos ao final do segundo ciclo de produção (Fig. 1 e 2). Decréscimo na espessura e porcentagem da casca (Fig. 3) foram observados, ao mesmo tempo em que ocorria um aumento na mineralização da tibia, indicando desse modo, falhas nos mecanismos de mobilização do Ca de poedeiras em final de postura.

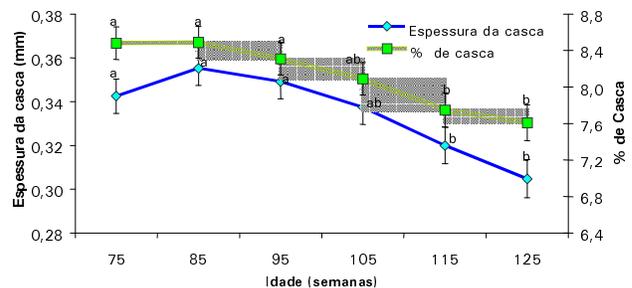


Fig.3. Efeito da idade sobre a espessura ($P < 0,001$) e % de casca ($P < 0,01$) de ovos de poedeiras comerciais; aves foram induzidas à muda com 76 semanas de idade. Médias \pm erro padrão, diferenças entre idades para as variáveis de qualidade da casca são indicadas por letras distintas. As médias representam 2 a 4 ovos coletados/ave num total de 27 a 29 aves/idade.

3.2 Fatores genéticos

A seleção genética para maior massa e resistência ósseas tem potencial considerável para aliviar a manifestação da osteoporose em poedeiras comerciais. A pressão de seleção para maximizar a produção de ovos concomitante ao decréscimo no peso corporal com objetivo de melhorar a eficiência alimentar, acarretou menor massa óssea estrutural nas aves. Ao mesmo tempo, esse fato direciona a possibilidade de uma solução genética à osteoporose em poedeiras comerciais. Linhagens divergentes nas características ósseas mostram menor incidência de fraturas quando selecionadas para maior resistência e massa ósseas, desse modo a contínua seleção para características ósseas em poedeiras podem gerar linhagens distintas com relação às propriedades mecânicas dos ossos.

A integridade óssea em diferentes partes do esqueleto indicam alta correlação, sugerindo que a seleção para melhor integridade de um osso em particular poderá melhorar a integridade do esqueleto como um todo. Além disso, esta correlação tem implicações importantes em termos de reduzir o número de mensurações exigidas para se categorizar a resistência do esqueleto.

3.3 Fatores nutricionais

Deficiências nutricionais de Ca, P ou Vitamina D estão associadas à osteomalacia, uma condição de perda da massa óssea que poderá, em última instância, levar à maior severidade da osteoporose. Na osteomalacia, a proporção da matriz não suficientemente mineralizada é maior do que a proporção da matriz óssea mineralizada, levando à subsequente deformidade óssea. Aves que manifestam a osteoporose exacerbada pela osteomalacia respondem à correção nutricional, quando se alteram os níveis dos nutrientes relacionados à mineralização do esqueleto que estavam deficientes na dieta. No entanto, aves que manifestam unicamente a osteoporose, não respondem à correção ou suplementação da dieta.

Imbalanços nutricionais exemplificam a importância da homeostase do Ca que vem a afetar a resistência óssea e a mineralização. A baixa concentração de Ca no intestino estimula a secreção do paratormônio (PTH) e a síntese de Vitamina D que, por sua vez ativam mecanismos que induzem à reabsorção óssea, liberando os minerais presentes nos ossos e conduzindo gradualmente ao comprometimento da integridade do esqueleto.

3.4 Fatores de manejo e instalações

O manejo de um lote tem grande influência na condição óssea das aves e é exemplificado pela manifestação da “fadiga de gaiola”, reconhecida como uma “doença dos ossos” que resulta em fraturas, manifestando-se com maior frequência quando as poedeiras passaram a ser alojadas em gaiolas. O confinamento das aves em gaiolas, com limitada oportunidade de espaço, tem contribuído com o problema da fragilidade óssea conseqüente da osteoporose. Esse tipo de osteoporose desenvolve-se devido a ausência da força muscular exercida sobre os ossos, levando à redução da formação e manutenção do osso e decréscimo da massa óssea. A perda da massa óssea devido à redução do estímulo que os músculos exercem sobre os ossos pode ser

evitada alojando-se o lote de aves em sistemas de criação alternativos ao sistema de baterias ou gaiolas, que proporcionem oportunidade para o exercício físico. Sistemas alternativos de criação (gaiolas com a presença de poleiros, ninhos, banhos de areia, etc) projetados para fornecer maior oportunidade para atividade física, indicaram ser benéficos uma vez que as aves criadas nesses sistemas demonstraram melhor resistência e mineralização ósseas.

4. Metodologias utilizadas no monitoramento da integridade óssea

Diferentes técnicas para se ter acesso à integridade óssea possuem vantagens e desvantagens inerentes a qualquer metodologia. Um método em particular não irá responder todas as questões envolvidas na patologia da osteoporose e as informações obtidas nas várias técnicas são complementares, propiciando um quadro de entendimento mais completo sobre a manifestação desse distúrbio metabólico multifatorial. Entre as diferentes tecnologias destacam-se:

4.1 Densitometria

Mudanças na integridade óssea têm sido mensuradas utilizando-se técnicas invasivas como a resistência de quebra, cinzas ósseas, análise mineral das cinzas e histomorfometria. As técnicas citadas são ditas “invasivas” pois necessitam que o animal seja sacrificado para se efetuar as mensurações em tecidos e ossos específicos retirados em diferentes períodos, exigindo assim, um maior número de animais para se obter amostragem significativa. Embora muitas descobertas fundamentais tenham sido feitas utilizando métodos invasivos, a disponibilidade de técnicas analíticas modernas e equipamentos têm estimulado o aumento no uso de tecnologias não-invasivas na experimentação científica para monitoramento da osteoporose em aves comerciais. Nesse sentido, a tecnologia da densitometria óssea, por exemplo, utilizando-se o equipamento DEXA¹ (Fig. 4) pode ser utilizada para se obter informações sobre a mineralização óssea nos diferentes períodos da vida produtiva de aves comerciais. Diferenças quantitativas na densidade e conteúdo mineral ósseo em poedeiras podem ser acuradamente detectadas utilizando a técnica da densitometria.

¹ Norland Medical Systems, Ft. Atkinson, WI



Fig. 4. Ave sendo monitorada em sua densidade óssea.

Densidade mineral é a massa de matéria mineral por volume de osso, a qual inclui ambos componentes, orgânico e mineral. Devido ao fato da matriz inorgânica ser o principal componente extracelular do osso, a quantificação da densidade mineral reflete o status da mineralização óssea. Resumidamente, a técnica consiste na emissão de raios-X que incidem no osso originando dois picos distintos, um dos picos refere-se à fração não-mineralizada, enquanto o outro pico é gerado pela leitura de material denso (osso) que é interpretado como a fração mineral presente em determinada área.

Muitas das técnicas densitométricas são projeccionais, ou seja, fornecem uma imagem bidimensional do osso portanto, índices de mineralização óssea derivados das leituras densitométricas são medidas aparentes da densidade mineral óssea. Essa é definida pelo conteúdo mineral presente na área delimitada, usualmente expressa em g/cm^2 .

4.2 Tomografia quantitativa

A competência biomecânica ou resistência a fraturas dos ossos dependem não somente da quantidade de material (orgânico e inorgânico) mas também de sua distribuição espacial, estrutura e arquitetura. Para se determinar frações específicas dos ossos, a tomografia quantitativa vem colaborar na quantificação da distribuição mineral nos diversos segmentos dos ossos, por exemplo, frações do osso cortical e trabecular (contendo o osso medular) podem ser quantificadas separadamente.

4.3 Incidência de ossos fraturados em carcaças de aves abatidas

A fratura em ossos pode ocorrer nas aves durante o período da postura bem como durante

o abate e processamento das carcaças. O exame minucioso das carcaças por meio da técnica da dissecação oferece uma idéia da extensão dos danos causados ao esqueleto das poedeiras até o final de sua vida produtiva. Os métodos utilizados incluem a palpação da carcaça e a dissecação para exame de ossos específicos.

A alta incidência de fraturas em ossos de poedeiras ocorre ao final do período de produção, indicando alta fragilidade óssea devido à constante demanda de Ca para calcificação do ovo.

Alta prevalência de quebra na quilha, púbis e isquium (92,3; 85,5 e 83,8%, respectivamente, Fig. 5) provavelmente indicam que durante o processamento das carcaças, os equipamentos e procedimentos utilizados, danificaram os ossos situados mais externamente na carcaça e que talvez já manifestavam osteoporose. A apanha, transporte e manejo das aves e carcaças durante o abate são identificados como as principais atividades de manejo propiciadoras das condições de injúrias ao frágil esqueleto das poedeiras ao final de sua vida produtiva.

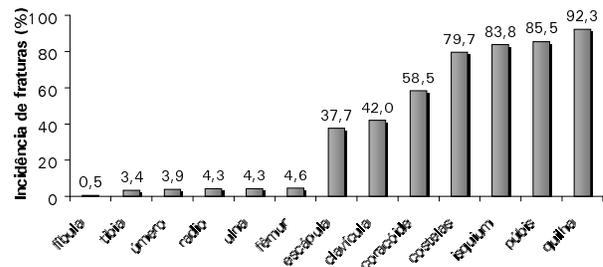


Fig. 5. Efeito da depopulação, transporte e abate sobre a freqüência de ossos fraturados em Leghornes Brancas abatidas com 126 semanas de idade. Ambos ossos do lado direito e esquerdo da carcaça foram incluídos para o cálculo da incidência de fraturas em 207 carcaças examinadas, com exceção da clavícula, costelas e quilha.

A incidência de quebra em diferentes ossos também varia de acordo com o sistema de alojamento; o isquium e púbis são os ossos com maior incidência de quebra no sistema extensivo, enquanto no sistema de gaiolas, o úmero, quilha e isquium são os ossos com maior número de fraturas. Quando as aves são removidas de suas gaiolas pela apanha por apenas uma das pernas ou quando duas ou mais aves são removidas ao mesmo tempo, maior número de fraturas ocorre ao comparar-se à remoção das aves individualmente (uma ave por vez), pela apanha de ambas as pernas.

4.4 Testes biomecânicos

A fragilidade óssea é definida como susceptibilidade à fratura e pode ser monitorada conhecendo-se as propriedades materiais e estruturais do osso.

Índices gerados com a aplicação de testes biomecânicos em amostras de ossos retirados após eutanásia do animal representam o modo como os ossos respondem às forças de impacto “in vivo”. Esse tipo de teste revela quanto as propriedades materiais dos ossos são dependentes primariamente da natureza de seus macrocomponentes (colágeno e minerais).

Parâmetros biomecânicos como resistência de quebra, estresse ósseo e módulo de elasticidade são mensurados utilizando-se um equipamento de teste servo-hidráulico (por exemplo, o equipamento Instron™) que efetua testes mecânicos padronizados. Índices biomecânicos geralmente apresentam significativa correlação com as leituras densitométricas obtidas através da tecnologia DEXA.

5. Considerações finais

Osteoporose é uma doença dos ossos de etiologia multifatorial. A seleção genética de poedeiras para alta taxa de produção de ovos e baixo peso corporal estão entre as principais causas da manifestação da osteoporose nas modernas linhagens de aves de postura comercial.

O confinamento em gaiolas, que levou à redução na atividade física das aves, acarretou maior perda da massa óssea e tem contribuído na incidência da osteoporose em aves comerciais. A perda do osso estrutural e o acúmulo do osso medular sob a influência de hormônios produzidos durante a maturidade sexual inicia o processo do comprometimento da integridade óssea que prossegue até o final do período de postura. A alta prevalência de fraturas detectadas em lotes de poedeiras comerciais ao final de sua vida produtiva mostra que a osteoporose constitui-se num problema econômico e de bem-estar bastante sério. Técnicas invasivas e não-invasivas para monitoramento da integridade óssea auxiliam na identificação de possíveis estratégias para se reduzir a incidência da osteoporose em aves comerciais. A tecnologia da densitometria, que mensura a mineralização óssea em diferentes estágios da vida produtiva de poedeiras, é uma das mais recentes tecnologias validadas para se monitorar a integridade óssea e a susceptibilidade à fraturas em aves comerciais.

6. Referências bibliográficas

ABE, E.; HORIKAWA, H.; MASUMURA, T.; SUGAHARA, M.; KUBOTA, M.; SUDA, E. T. Disorders of cholecalciferol metabolism in old egg-laying hens. **Journal of Nutrition**, v.112, p.436-446, 1982.

AL-BATSHAN, H. A.; SCHEIDELER, S. E.; BLACK, B. L.; GARLICH, J. D.; ANDERSON, K. E. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. **Poultry Science**, v. 73, n.1590-1596, 1984.

BECK, M. M.; HANSEN, K. K. Role of estrogen in avian osteoporosis. **Poultry Science**, v. 83, p.200-206, 2004.

BELL, D. D.; CHASE, B.; DOUGLAS, A.; HESTER, P.; MENCH, J.; NEWBERRY, R.; SHEAMORE, M.; STANKER, L.; SWANSON, J.; ARMSTRONG, E. J. UEP uses scientific approach in its establishment of welfare guidelines. **Feedstuffs**, v. 76, n.1, p.13-21, 2004.

BISHOP, S. C.; FLEMING, R. H.; MCCORMACK, H. A.; FLOCK, D. K.; WHITEHEAD, C. C. Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. **British Poultry Science**, v. 41, p.33-40, 2000.

ELAROUSSI, M. A.; FORTE, L. R.; EBER, S. L.; BIELLIER, H. V. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. **Poultry Science**, v. 73, p.1581-1589, 1994.

FAULKNER, K. G. Clinical use of bone densitometry in Osteoporosis. In: MARCUS, R.; FELDMAN, D.; KELSEY, J. (Ed.) **Osteoporosis**. San Diego: Academic Press, 2001. p. 433-458.

FLEMING, R. H.; KORVER, D.; MCCORMACK, H. A.; WHITEHEAD, E. C. C. Assessing bone mineral density in vivo: digitized fluoroscopy and ultrasound. **Poultry Science**, v.83, p.207-214, 2004.

FLEMING, R. H.; MCCORMACK, H. A.; MCTEIR, L.; WHITEHEAD, E. C. C. Influence of medullary bone on humeral breaking strength. **British Poultry Science**, v.37, p.S30-S32, 1996.

GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J. Broken bones in domestic fowl: handling and processing damage in end-of-lay battery hens. **British Poultry Science**, v.30, p.555-62, 1989.

GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J.; AUSTIN, S. D.; BELYAVIN, C. G.; ALVEY, D. M.; TUCKER, S. A. Effect of catching method on the prevalence of broken bones in end of lay hens. **Avian Pathology**, v. 21, p.717-722, 1992.

GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J.; ELEPERUMA, S. D.; BALLANTYNE, A. J.; OVERFIELD, N. D. Broken bones in domestic fowls: effect of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. **British Poultry Science**, v.31, p.59-69, 1990.

HANSEN, K. K.; KITOK, R. J.; SARATH, G.; TOOMBS, C. F.; CACERES, N.; BECK, M. M. Estrogen receptor- α populations change with age in commercial laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.1624-1629, 2003.

HESTER, P. Y.; SCHREIWEIS, M. A.; ORBAN, J. I.; MAZZUCO, H.; KOPKA, M. N.; LEDUR, M. C.; MOODY, D. E. Assessing bone mineral density in vivo: dual-energy-X-ray absorptiometry. **Poultry Science**, v. 83, p.215-221, 2004.

JIANG, Y.; ZHAO, J.; GENANT, H. K. Macro and microimaging of bone architecture. In: BILIEZIKIAN, J. J.; RAISZ, L. G.; RODAN, G. A. (Ed.) **Principles of bone biology**. London: Academic Press, 2002. p. 1599-1623.

JILKA, R. L. Osteoblast progenitor fate and age-related bone loss. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, v. 2, p.581-583, 2002.

JOHNSON, A. L. Reproduction in the female. In: WHITTOW, G. C.(Ed.) **Sturkie's avian physiology**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 2000. p. 569-596.

KNOWLES, T. G; WILKINS, L. J. The problem of broken bones during the handling of laying hens - a review. **Poultry Science**, v.77, p.1798-1802, 1998.

KOPKA, M. N.; CHENG, H. W.; HESTER, P. Y. Bone mineral density of laying hens housed in enriched versus conventional cages. **Poultry Science**, v.82, p. 29, 2003. Suplemento 1.

KORVER, D. R.; SAUNDERS-BLADES, J. L.; NADEAU, K. L. Assessing bone mineral density in vivo: quantitative computed tomography. **Poultry Science**, v. 83, p.222-229, 2004.

LOVERIDGE, N.; THOMSON, B. M.; FARQHARSON, E. C. Bone growth and turnover. In: WHITEHEAD, C. C. (Ed.). **Bone biology and**

skeletal disorders in poultry. Abingdon: Carfax Publ., 1992. p. 3-17. (Poultry Science Symposium)

MAZZUCO, H.; HESTER, P. Y. The effect of an induced molt and a second cycle of lay on skeletal integrity of White Leghorns. **Poultry Science**, v. 84, p.771-781, 2005.

NAVICKIS, R. J.; KATZENELLENBOGEN, B. S.; NALBANDOV, A. V. Effects of sex steroid hormones and vitamin D₃ on calcium-binding proteins in the chick shell gland. **Biological Reproduction**, v. 21, p.1153-1162, 1979.

RATH, N. C.; BALOG, J. M.; HUFF, W. E.; HUFF, G. R.; KULKARNI, G. B.; TIERCE, J. F. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven- and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens. **Poultry Science**, v. 78, p.1232-1239, 1999.

RATH, N. C.; HUFF, G. R.; HUFF, W. E.; BALOG, J. M. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1024-1032, 2000.

SCHREIWEIS, M. A.; ORBAN, J. I.; LEDUR, M. C.; HESTER, P. Y. The use of densitometry to detect differences in bone mineral density and content of live White Leghorns fed varying levels of dietary calcium. **Poultry Science**, v. 82, p.1292-1301, 2003.

SCHREIWEIS, M. A.; ORBAN, J. I.; LEDUR, M. C.; MOODY, D. E.; HESTER, P. Y. Effects of ovulatory and egg laying cycle on bone mineral density and content of live White Leghorns as assessed by dual-energy-X-ray absorptiometry. **Poultry Science**, v. 83, p.1011-1019, 2004.

SCHREIWEIS, M. A.; ORBAN, J. I.; LEDUR, M. C.; MOODY, D. E.; HESTER, P. Y. Validation of dual-energy X-ray absorptiometry in live White Leghorns. **Poultry Science**, v. 84, p.91-99, 2005.

SPARKE, A. J.; SIMS, T. J.; AVERY, N. C.; BAILEY, A. J.; FLEMING, R. H.; WHITEHEAD, C. C. Differences in composition of avian bone collagen following genetic selection for resistance to osteoporosis. **British Poultry Science**, v. 43, p.127-134, 2002.

TURNER, C. H. Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility and bone quality. **Osteoporosis International**, v.13, p.97-104, 2002.

WEBSTER, A. B. Physiology and behaviour of the hen during induced molt. **Poultry Science**, v. 82, p.992-1002, 2003.

WEBSTER, A. B. Welfare implications of avian osteoporosis. **Poultry Science**, v.83, p.184-192, 2004.

WHITEHEAD, C. C. Skeletal disorders in laying hens: the problems of osteoporosis and bone fractures. In: PERRY, G. C. (Ed.) **Welfare of the laying hen**. Oxfordshire: CABI Publishing, 2004a. p.259-278. (Poultry Science Symposium, 27)

WHITEHEAD, C. C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, v. 83, p.193-199, 2004b.

WHITEHEAD, C. C.; FLEMING, R. H. Osteoporosis in cage layers. **Poultry Science**, v.79, p.1033-1041, 2000.

Circular Técnica, 43

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Endereço: Br 153, Km 110,
Vila Tamanduá, Caixa postal 21,
89700-000, Concórdia, SC
Fone: 49 34428555
Fax: 49 34428559
E-mail: sac@cnpsa.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão: 2005

Tiragem: 1.000

Comitê de Publicações

Presidente: Jerônimo Antônio Fávero

Membros: Claudio Bellaver, Cícero Juliano Monticelli, Gerson Neudi Scheuermann, Airton Kunz, Valéria Maria Nascimento Abreu.

Suplente: Arlei Coldebella

Revisores Técnicos

Cícero Juliano Monticelli, Fátima R. F. Jaenisch e Mônica Ledur.

Coordenação editorial: Tânia Maria Biavatti Celant

Normalização bibliográfica: Irene Z. P. Camera

Expediente

Editoração eletrônica: Vivian Fracasso

Foto da Capa: <http://www.animalscience.calpoly.edu/.../Egg-collection.jpg>

<http://www.afip.org/Departments/Orthopedic/wolov/metab.html>