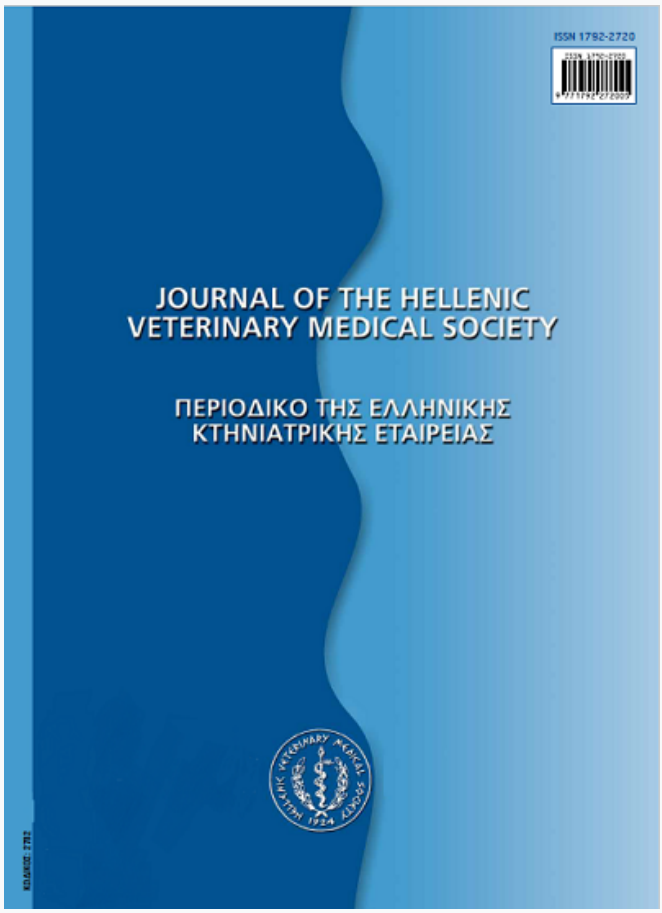
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Περιοδικό της Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας

Τόμ. 60, Αρ. 1 (2009)



Οστεοπενία: νόσος των αυγοπαραγωγών ορνίθων με σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα και στην ευζωία τους

K. C. KOUTOULIS (Κ.Χ. ΚΟΥΤΟΥΛΗΣ)

doi: 10.12681/jhvms.14914

Βιβλιογραφική αναφορά:

KOUTOULIS (Κ.Χ. ΚΟΥΤΟΥΛΗΣ) K. C. (2017). Οστεοπενία: νόσος των αυγοπαραγωγών ορνίθων με σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα και στην ευζωία τους. *Περιοδικό της Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας*, *60*(1), 51–62. https://doi.org/10.12681/jhvms.14914

JOURNAL OF THE HELLENIC VETERINARY MEDICAL SOCIETY 2009, 60(1): 51-62
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 2009, 60(1): 51-62

Review article
Ανασκόπηση

Osteopenia: a disease of laying hens with major impact on production and welfare

Koutoulis K.C., DVM, PhD

Οστεοπενία: νόσος των αυγοπαραγωγών ορνίθων με σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα και στην ευζωία τους

Κ. Χ. Κουτουλής, DVM, PhD

ABSTRACT. Osteopenia is a significant disease of the skeleton in mature chickens used for egg production. It characteristically occurs in lines of laying hens with high rates of egg production and can be regarded as a generalised skeletal disorder resulting in bone fractures. Since the condition was first recognised, the scale of the problem has increased. It was estimated that in commercial flocks in the United States approximately 15-30% of hen mortality is related to osteopenia. The condition is divided into two forms: peracute, where death occurred with the onset of symptoms and acute, where the birds survived the initial collapse. The condition was first known as 'Cage Layer Fatigue', but terms such as 'Cage Layer Paralysis' and 'Cage Layer Osteoporosis' are also used. Nowadays there are three different terms which are used to describe poor bone condition. Osteopenia is a less specific term, which describes a loss in the amount of bone tissues leading to bone fragility without implying whether or not bone density is involved. Osteomalacia is caused by defective mineralisation of bone tissue and is characterised primarily by thick seams of unmineralised or poorly mineralised organic matrix on the surfaces of medullary bone trabeculae. In osteoporosis there is a decrease in the amount of bone tissue, the matrix of which is normally mineralised. Production problems and financial losses to the producer are caused by osteopenia affecting at the same time the welfare of the birds. Pain and distress associated with broken bones and healed or new fractures obviously compromise the welfare of the birds. There are also production problems, associated firstly with mortality and lost production in battery hens and secondly in the processing of spent layers where bone breakage results in the contamination of carcasses and recovered meat with splinters of bone. Losses to the poultry industry that result from cracked and broken eggs are very considerable and it is very important for the producer to maximise the difference between the value of saleable outputs and nutritional costs. Therefore, the relationships between dietary calcium, bone components, eggshell formation and their consequences, which might result from an imbalance between them (e.g. osteopenia, decreased shell quality), strongly affect the final profit of a laying flock and the income of the producer. The causes of osteopenia are divided into immediate - osteomalacia and osteoporosis -and predisposing causes, such as genetic, nutritional and husbandry effects. Calcium, phosphorus, vitamin D deficiencies or imbalance of the calcium/phosphorus ratio in the diet can induce osteomalacia, whereas osteoporosis may be related with hormonal changes, lack of exercise and age-related effects. Factors, such as age at sexual maturity, body weight, medullary bone and various pharmaceutical and nutritional factors, may also strongly influence bone strength. Osteopenia is largely genetic in origin, resulting from the breeding of light weight, energetically efficient birds that remain in a high rate of lay for a prolonged period. Thus, a genetic solution to the problem seems to be possible. Further and immediate improvement in bone strength is likely to come from husbandry and nutritional practices. Husbandry modifications have been proven very influential on improving or reducing bone strength. Nutritional techniques have been the most commonly adopted in an attempt to reduce the severity of osteopenia. By modifying the diet, the beneficial or non-beneficial effects of the various experimental trials on bone strength could be immediate and cost-effective compared with genetic and husbandry modifications.

Key words: osteopenia, bone strength, laying hens

Correspondence: Koutoulis K.C.
11, Kosti Palama ave., 346 00, N. Artaki, Greece
Tel.: 6937 437789, E-mail: kckoutoulis@yahoo.gr

Αλληλογραφία: Κ.Χ. Κουτουλής
Λεωφ. Κωστή Παλαμά 11, 346 00 Νέα Αρτάκη
Τηλ.: 6937 437789, E-mail: kckoutoulis@yahoo.gr

Submission date: 18.11.2008
Approval date: 22.06.2009

Ημερομηνία υποβολής: 18.11.2008
Ημερομηνία εγκρίσεως: 22.06.2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Η Οστεοπενία είναι μία σημαντική ασθένεια του σκελετού των αυγοπαραγωγών ορνίθων. Θεωρείται ως μία γενικευμένη σκελετική διαταραχή που έχει ως αποτέλεσμα κατάγματα των οστών και κυρίως χαρακτηρίζει γενότυπους αυγοπαραγωγών ορνίθων με πολύ υψηλή παραγωγική ικανότητα. Από τη στιγμή που το πρόβλημα της οστεοπενίας διαγνώστηκε, η συχνότητά της έχει αυξηθεί. Υπολογίζεται ότι το 15-30% της θνησιμότητας των ορνίθων σε κοπάδια των ΗΠΑ συσχετίζεται με την οστεοπενία. Έχουν περιγραφεί δύο μορφές της νόσου, η υπεροξεία μορφή όπου οι θάνατοι συμβαίνουν με την έναρξη των συμπτωμάτων και η οξεία μορφή, όπου οι όρνιθες επιβιώνουν μετά την αρχική κατάρρευσή τους. Η παθολογική αυτή κατάσταση έγινε γνωστή με τον όρο «Κλωβοκόπωση», αλλά όροι όπως «Κλωβοπαράλυση» και «Κλωβοστεοπόρωση» έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί. Σήμερα υπάρχουν τρεις διαφορετικοί όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν προβληματικές καταστάσεις των οστών στις αυγοπαραγωγές όρνιθες. Η Οστεοπενία είναι ένας ειδικός όρος που περιγράφει απώλεια οστίτη ιστού που οδηγεί σε ευθραυστότητα των οστών, χωρίς να υποδηλώνει εάν εμπλέκεται η πυκνότητα του οστού ή όχι. Η Οστεομαλακία προκαλείται από μη φυσιολογική εναπόθεση ανόργανων αλάτων στον οστίτη ιστό και χαρακτηρίζεται από στρώματα μη ή κακώς οστεοποιημένης οργανικής ουσίας στην επιφάνεια των πλατιών δοκίδων του μυελώδη οστίτη ιστού. Στην Οστεοπόρωση υπάρχει μείωση του οστίτη ιστού, του οποίου όμως η οργανική ουσία οστεοποιείται φυσιολογικά. Η οστεοπενία είναι νόσος που προκαλεί προβλήματα παραγωγής και οικονομικές απώλειες στον παραγωγό επηρεάζοντας ταυτόχρονα και την ευζωία των πτηνών. Η ευζωία των ορνίθων τίθεται σε αμφισβήτηση από τον πόνο και την εξάντληση που συνοδεύουν καταστάσεις άμεσα συνδεδεμένες με σπασμένα οστά και νέα ή παλιά κατάγματα. Υπάρχουν σοβαρά προβλήματα παραγωγικότητας που συνδέονται πρώτον με αυξημένη θνησιμότητα και μειωμένη αυγοπαραγωγή και δεύτερον με την επιμόλυνση των σφάγιων και του κρέατος τους από θραύσματα οστών που προέρχονται από κατάγματα όταν οι όρνιθες οδηγούνται στο σφαγείο στο τέλος της παραγωγικής τους ζωής. Οι οικονομικές απώλειες στην πτηνοτροφία που προέρχονται από ραγισμένα και σπασμένα αυγά είναι πολύ σημαντικές και γι' αυτό είναι απαραίτητο για τον παραγωγό να μεγιστοποιήσει τη διαφορά του εισοδήματός του από τα πωληθέντα αυγά με το κόστος διατροφής. Για τους παραπάνω λόγους, μία ανισορροπία (π.χ. οστεοπενία, μειωμένη ποιότητα κελύφους) ανάμεσα στις σχέσεις του ασβεστίου της τροφής, της σύνθεσης των οστών και του σχηματισμού των αυγών μπορεί κάλλιστα να επηρεάσει πολύ σημαντικά το εισόδημα του παραγωγού και το τελικό κέρδος από την εκτροφή ορνίθων αυγοπαραγωγής. Η αιτιολογία της οστεοπενίας διαιρείται σε κύριους παράγοντες - την οστεομαλακία και την οστεοπόρωση- και σε προδιαθέτοντες, όπως γενετικοί, διατροφικοί και διαχειριστικοί παράγοντες. Η ανεπάρκεια ασβεστίου, φωσφόρου, βιταμίνης D ή ανισορροπία της σχέσης Ca/P στην τροφή μπορεί να προκαλέσει οστεομαλακία, ενώ αντιθέτως η οστεοπόρωση μπορεί να συνδεθεί με ορμονικές αλλαγές, την έλλειψη άσκησης και την ηλικία. Παράγοντες όπως η ηλικία κατά τη γενετήσια ωριμότητα, το σωματικό βάρος, ο μυελώδης οστίτης ιστός, καθώς και διάφορες φαρμακευτικές και διατροφικές ουσίες μπορούν να επηρεάσουν ισχυρά την αντοχή των οστών. Η γενετική παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της οστεοπενίας, λόγω της χρήσης γραμμών με μικρό βάρος, πολύ καλή μετατρεψιμότητα τροφής και παραγωγή αυγών για μεγάλο χρονικό διάστημα. Γι' αυτό και μία λύση στο πρόβλημα μέσω της γενετικής μοιάζει πολύ πιθανή. Άμεσες και γρήγορες λύσεις για βελτίωση της αντοχής των οστών μπορεί να προέλθουν από διαχειριστικές και διατροφικές πρακτικές. Διαχειριστικές τροποποιήσεις έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν πάρα πολύ θετικά ή αρνητικά την αντοχή των οστών. Η διατροφή είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται στην προσπάθεια βελτίωσης της οστεοπενίας. Τροποποιώντας τη διατροφή, τα αποτελέσματα, θετικά ή αρνητικά, των διαφόρων πειραμάτων πάνω στην οστεοαντοχή μπορούν να είναι άμεσα και χωρίς οικονομική επιβάρυνση όταν συγκρίνονται με γενετικές και διαχειριστικές τροποποιήσεις.

Λέξεις ευρετηρίασης: οστεοπενία, αντοχή των οστών, αυγοπαραγωγές όρνιθες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Οστεοπενία είναι μία σημαντική νόσος του σκελετού των αυγοπαραγωγών ορνίθων. Θεωρείται ως μία γενικευμένη σκελετική πάθηση που έχει ως αποτέλεσμα τα κατάγματα των οστών. Χαρακτηρίζει κυρίως γενότυπους αυγοπαραγωγών ορνίθων με πολύ υψηλή παραγωγική δυνατότητα.

Υπάρχει αρκετή σύγχυση για τους όρους που χρησιμοποιούνται για να περιγραφεί η συγκεκριμένη σκελετική πάθηση στις όρνιθες ωοτοκίας. Ο όρος ***«Cage Layer Fatigue» (CLF)*** δόθηκε από τον Couch (1955), ο οποίος περιέγραψε μια παθολογική κατάσταση σε όρνιθες υψηλού ρυθμού ωοτοκίας, με εύθραυστα οστά και θανάτους. Ο Grumbles (1959) χαρακτήρισε τη «CLF» ως μία σημαντική νόσο, παρόμοια με μια ανάλογη κατάσταση που εμφανίστηκε πολλά χρόνια πριν, με την εισαγωγή των κλωβοστοιχιών. Μία αρχική περιγραφή σημείωνε ότι τα πρώτα συμπτώματα ήταν συνήθως παράλυση, οδηγώντας τον ερευνητή να χρησιμοποιεί επίσης πολύ συχνά τον όρο ***«Cage Layer Paralysis» (CLP)***. Ο Urist (1960) εισήγαγε τον όρο ***«Cage Layer Osteoporosis» (CLO)*** για να περιγράψει τη συγκεκριμένη σκελετική πάθηση των πτηνών.

Σήμερα υπάρχουν τρεις διαφορετικοί όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν προβληματι-

κές καταστάσεις των οστών στις ωοτόκες όρνιθες (Whitehead και Wilson 1992). Η ***Οστεοπενία*** είναι ένας ειδικός όρος που περιγράφει «απώλεια οστίτη» ιστού που οδηγεί σε ευθραυστότητα των οστών, χωρίς να υποδηλώνει εάν εμπλέκεται η πυκνότητα της οστικής μάζας ή όχι. Η ***Οστεομαλακία*** προκαλείται από μη φυσιολογική εναπόθεση ανόργανων αλάτων στον οστίτη ιστό και χαρακτηρίζεται από στρώματα μη ή «κακώς» οστεοποιημένης οργανικής ουσίας στην επιφάνεια των πλατιών δοκίδων του μυελώδη οστίτη ιστού. Στην Οστεοπόρωση υπάρχει μείωση του οστίτη ιστού, του οποίου όμως η οργανική ουσία οστεοποιείται φυσιολογικά. Οι Whitehead και Fleming (2000) ανέφεραν ότι η εν λόγω μείωση συμβαίνει προοδευτικά κατά τη διάρκεια της αυγοπαραγωγής και είναι αποτέλεσμα των αλλαγών που συμβαίνουν ανάμεσα στον σπογγώδη, τον φλοιώδη και τον μυελώδη οστίτη ιστό με την έναρξη της γενετήσιας ωριμότητας και που επιταχύνονται από την έλλειψη άσκησης των ορνίθων στις κλωβοστοιχίες.

ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΟΣΤΕΟΠΕΝΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΡΝΙΘΕΣ

1) Πρόβλημα ευζωίας

Σε όλα τα ζώα που βρίσκονται υπό την προστασία του ανθρώπου πρέπει να παρέχονται οι πέντε βασικές αρχές-ελευθερίες, όπως διατυπώθηκαν από τον Brambell (1965) και έγιναν αποδεκτές από το σύνολο του επιστημονικού κόσμου: α) να εκφράζουν τις συνήθεις συμπεριφορές τους, β) από την κακή διατροφή, γ) από τη σωματική και θερμική ταλαιπωρία, δ) από ασθένεια και τραυματισμό και τέλος ε) από φόβο και άγχος. Η ευζωία των ορνίθων τίθεται σε αμφισβήτηση από τον πόνο και την εξάντληση που συνοδεύουν καταστάσεις άμεσα συνδεδεμένες με σπασμένα οστά και νέα ή παλαιά κατάγματα.

Υπάρχει σοβαρό πρόβλημα υποβάθμισης του επιπέδου ευζωίας σε όρνιθες που πάσχουν από παράλυση ή/και σπασμένα οστά (Webster 2004). Ποσοστό μέχρι 29% από τις αυγοπαραγωγές όρνιθες που οδηγούνται στο σφαγείο μπορεί να έχουν ένα ή και περισσότερα σπασμένα οστά μέχρι το σημείο της αναισθητοποίησης (Gregory και Wilkins 1989b). Αλλαγές στις διαδικασίες των ανθρώπινων χειρισμών μπορούν να επιφέρουν μεγάλη μείωση στη συχνότητα των καταγμάτων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ζωής τους στα κλουβιά, αλλά και κατά τη διάρκεια της σύλληψης και μεταφοράς τους από τα κλουβιά στο σφαγείο. Οι Gregory et al. (1994), σε έρευνες που έγιναν το 1989 και 1992, παρατήρησαν μείωση των καταγμάτων και την απέδωσαν στη μεγαλύτερη προσοχή των ανθρώπων που χειρίζονταν τις όρνιθες.

Παρόλο που οι περισσότεροι ερευνητές δίνουν έμφαση στα θετικά αποτελέσματα των εναλλακτικών συστημάτων εκτροφής, πάνω στην ανθεκτικότητα των οστών και επομένως στη βελτίωση της ευζωίας των ορνίθων, υπάρχουν και αρνητικά σημεία συνδεδεμένα με τα συστήματα αυτά. Ο Beckett (1992) ανέφερε ότι μέχρι 25% των ορνίθων που εκτρέφονταν σε σχαρωτό δάπεδο με φωλιές είχαν παλαιά κατάγματα που επουλώθηκαν, σε σύγκριση με ποσοστό 12% των ορνίθων της ελευθέρας βοσκής και 5% των κλωβοστοιχιών. Παλαιά κατάγματα που επουλώθηκαν, ως αποτέλεσμα της υπερβολικής άσκησης σε περιορισμένο χώρο προκαλώντας πόνο και εξάντληση για μεγάλο χρονικό διάστημα, έχουν θέσει σε αμφισβήτηση την ευζωία των ορνίθων που διατηρούνται σε κλωβοστοιχίες.

2) Πρόβλημα παραγωγικότητας

Υπάρχουν σοβαρά προβλήματα παραγωγικότητας που συνδέονται πρώτον με μειωμένη αυγοπαραγωγή και αυξημένη θνησιμότητα και δεύτερον με επιμόλυνση των σφάγιων από θραύσματα οστών προερχομένων από κατάγματα, όταν οι όρνιθες οδηγούνται στο σφαγείο στο τέλος της παραγωγικής τους ζωής.

Η οστεοπενία στις αυγοπαραγωγές όρνιθες μειώνει την παραγωγή αυγών και αυξάνει τη θνησιμότητα. Η παράλυση των ορνίθων προκαλεί επιπρόσθετα προβλήματα παραγωγικότητας στον παραγωγό. Οι όρνιθες είναι ανίκανες να σταθούν όρθιες και να φάνε, με αποτέλεσμα ή να πεθάνουν σε λίγες ημέρες ή να σταματήσει η αυγοπαραγωγή από 20 έως 90 ημέρες. Η παύση της παραγωγής αυγών στις όρνιθες με οστεοπενία έχει ως αποτέλεσμα μεγάλο οικονομικό κόστος για τον παραγωγό.

Ένα δεύτερο σημαντικό πρόβλημα που συνδέεται με τη μειωμένη αντοχή των οστών είναι η κακή ποιότητα κρέατος σε σφάγια από όρνιθες που υπέστησαν κατάγματα. Σε έρευνα (Gregory και Wilkins, 1989b), το 98% των πτηνών είχαν υποστεί κάποια ζημιά στο τέλος της σφαγής ως αποτέλεσμα της αποπτίλωσης και απεντέρωσης. Τα θραύσματα των οστών δημιουργούν προϊόντα που είναι μη ασφαλή για τους καταναλωτές. Εάν δεν βρεθούν τρόποι να μειωθούν οι επιπτώσεις από τα οστικά θραύσματα, τέτοιες όρνιθες θα προκαλούν ζημιά στους παραγωγούς, που θα αναγκάζονται έτσι να αντιμετωπίσουν, όχι μόνο τη δυ-

σκολία στις πωλήσεις, αλλά ίσως και το κόστος για να απαλλαγούν από αυτές (Wilson et al. 1990).

Ένα σημαντικό πρόβλημα, όχι μόνο από την σκοπιά της παραγωγής αλλά και της ευζωίας, είναι η αναισθητοποίηση κατά τη διάρκεια της σφαγής. Όταν η συχνότητα των σπασμένων οστών, λόγω οστεοπενίας, ανέρχεται μέχρι και στο 87% αμέσως μετά την αναισθησία (Gregory και Wilkins 1989a), η χρήση χαμηλότερων τάσεων μπορεί να προκαλέσει ακόμα υψηλότερα επίπεδα ζημιάς, υποβαθμίζοντας την ποιότητα του σφάγιου. Εάν η τάση του ρεύματος μειωθεί σε χαμηλά επίπεδα με σκοπό την ελάττωση της συχνότητας των καταγμάτων, τότε υπάρχει πιθανότητα η αναισθητοποίηση να είναι αναποτελεσματική και να δημιουργηθεί νέο πρόβλημα υποβάθμισης του επιπέδου ευζωίας (Gregory και Wilkins 1992).

3) Σημασία της ποιότητας του κελύφους του αυγού για τον παραγωγό

Ο παραγωγός αυξάνει το εισόδημά του από τις πωλήσεις των αυγών και αυτές εξαρτώνται άμεσα από την περίοδο της αυγοπαραγωγής, το ρυθμό της παραγωγής, το μέγεθος των αυγών και την ποιότητα του κελύφους. Παρόλο που ο αριθμός των αυγών αποτελούσε πάντα τον κύριο ζωοτεχνικό δείκτη που καθόριζε το κέρδος του παραγωγού, τα τελευταία χρόνια και άλλοι δείκτες (π.χ. βάρος αυγού, συνολική μάζα αυγού, αριθμός ραγισμένων αυγών δεύτερης ποιότητας) έχουν αποκτήσει σημαντικό μερίδιο στην οικονομικότητα της εκτροφής. Οι οικονομικές απώλειες στην πτηνοτροφία που προέρχονται από ραγισμένα και σπασμένα αυγά είναι πολύ σημαντικές και σημαντική έρευνα κατευθύνεται προς τη βελτίωση του προβλήματος (Sauveur και Picard 1987, Belyavin et al. 1987). Η αντοχή του κελύφους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πάχος του. Το πάχος αυξάνει σημαντικά με την αύξηση της ημερήσιας λήψης ασβεστίου και μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας. Η καλύτερη ποιότητα κελύφους των αυγών έχει ως αποτέλεσμα τα αυγά να πωλούνται σε υψηλότερη τιμή και ο παραγωγός να έχει μεγαλύτερο οικονομικό όφελος (Overfield 1987).

Για τους παραπάνω λόγους, μία ανισορροπία (π.χ. οστεοπενία, μειωμένη ποιότητα κελύφους) ανάμεσα στις σχέσεις του ασβεστίου της τροφής, της σύνθεσης των οστών και του σχηματισμού των αυγών (Miller 1992) μπορεί κάλλιστα να επηρεάσει πολύ σημαντικά το εισόδημα του παραγωγού και το τελικό κέρδος από την εκτροφή ορνίθων αυγοπαραγωγής.

ΟΣΤΕΟΠΕΝΙΑ

1) Επιπολασμός

Η συχνότητα της «Κλωβοκόπωσης» σε ένα σμήνος μπορεί να κυμαίνεται από 1% έως και 20% σε πιο σπάνιες περιπτώσεις (Grumbles 1959). Οι Bell και Siller (1962) επίσης συσχέτισαν το 8% των θανάτων σε όρνιθες που εκτρέφονταν σε κλουβιά με την εμφάνιση της «Κλωβοκόπωσης».

Από τη στιγμή που το πρόβλημα της οστεοπενίας διαγνώστηκε, η συχνότητά της έχει αυξηθεί. Υπολογίζεται ότι το 15-30% της θνησιμότητας των ορνίθων σε σμήνη των ΗΠΑ συσχετίζεται με την οστεοπενία (Roland και Rao 1992). Σε σφαγείο της Μεγάλης Βρετανίας βρέθηκε ότι το 29% των ορνίθων είχαν σπασμένα οστά μέχρι να φτάσουν στο στάδιο της αναισθητοποίησης (Gregory και Wilkins 1989b). Επίσης, αποδείχθηκε ότι το 98% των σφάγιων είχαν σπασμένα οστά μέχρι το τέλος της γραμμής, με μέσο όρο 6 οστά ανά όρνιθα. Σε μία πιο πρόσφατη έρευνα που περιελάμβανε στοιχεία από 15 σφαγεία της Μεγάλης Βρετανίας, της Ολλανδίας και της Δανίας, βρέθηκε ότι το ποσοστό αυτό (16,5%) ήταν ελαφρώς χαμηλότερο, σε σύγκριση με την προηγούμενη έρευνα, για όρνιθες πριν το στάδιο της αναισθητοποίησης (Newman και Leeson 1997).

2) Κλινική εικόνα

Οι Urist και Deutsch (1960) περιέγραψαν περίπτωση οστεοπόρωσης που εμφανίστηκε σε όρνιθες White Leghorn ηλικίας ενός έτους, αλλά ήταν πιο σοβαρής μορφής σε μεγαλύτερης ηλικίας όρνιθες. Οι Bell και Siller (1962) περιέγραψαν δύο μορφές της νόσου, την υπεροξεία μορφή όπου οι θάνατοι συμβαίνουν με την έναρξη των συμπτωμάτων και την οξεία μορφή, όπου οι όρνιθες επιβιώνουν μετά την αρχική κατάρρευσή τους. Στην υπεροξεία μορφή δεν υπάρχουν χαρακτηριστικά συμπτώματα πριν το θάνατο, ο οποίος συμβαίνει ξαφνικά και αναπάντεχα σε φαινομενικά υγιείς και υψηλής αυγοπαραγωγής όρνιθες. Τα συμπτώματα της οξείας μορφής είναι ίδια με της παράλυσης. Χαρακτηρίζεται από αδυναμία στα πόδια, όπου οι όρνιθες αδυνατούν να σταθούν, κάθονται στις αρθρώσεις τους και με προέκταση των ποδιών προς τα εμπρός, έχοντας ένα ή περισσότερα σπασμένα οστά στα πόδια ή στις φτερούγες. Οι όρνιθες συνεχίζουν να τρώνε, αν η τροφή είναι κοντά τους και την φτάνουν, και μπορεί να συνέρχονται μετά από ένα ή δύο μήνες. Η κατάσταση εξαφανίζεται μέσα σε 4-7 η-

μέρες από τη στιγμή που οι όρνιθες απομακρύνονται από τα κλουβιά και τοποθετούνται στο δάπεδο ή τη στρωμνή. Η αυγοπαραγωγή σταματάει προσωρινά και επανέρχεται σε κανονικό ρυθμό μετά την ανάρρωση.

Κατά τη νεκροψία που ακολουθεί στις περιπτώσεις της οξείας μορφής, το τοίχωμα των οστών είναι πολύ λεπτό, εύθραυστο και εύκολο να σπάσει. Οι Riddell et al. (1968) εξέτασαν 22 σπονδυλικές στήλες από όρνιθες με «Κλωβοκόπωση» και βρέθηκαν κατάγματα σε 19 από αυτές εντοπισμένα στη θωρακική μοίρα 4 και 5. Σε όλα τα κατάγματα υπήρχε πίεση στο μυελό των οστών που οδηγούσε στην τυπική εικόνα της νόσου. Οι πλευρές, επίσης, είχαν κατάγματα και παραμορφώσεις. Η κατάσταση χαρακτηριζόταν και από μείωση του πάχους του φλοιού των οστών στα πόδια.

Τα επίπεδα του φωσφόρου, ασβεστίου και μαγνησίου στο πλάσμα του αίματος ήταν φυσιολογικά, αλλά η δραστηριότητα των φωσφατάσων ήταν αυξημένη στις νοσούσες όρνιθες. Ο Couch (1955) ανέφερε ότι οι τιμές ασβεστίου και φωσφόρου στο αίμα και η τέφρα των οστών ήταν φυσιολογικές, αποδεικνύοντας ότι οι όρνιθες δεν έπασχαν από ραχιτισμό. Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα οστεοπενίας, οι Randall και Duff (1988) παρατήρησαν ότι παρ' όλο που η πλειοψηφία των ορνίθων έπασχε από οστεοπόρωση, συνυπήρχε και οστεομαλακία.

3) Ερευνητικές μέθοδοι διάγνωσης και μετρήσεων της οστεοπενίας

Οι περισσότερες ερευνητικές εργασίες έχουν διεξαχθεί πάνω στο πώς θα βελτιώσουμε την ακεραιότητα των οστών χρησιμοποιώντας τη γενετική, τη διαχείριση και τη διατροφή, ώστε η όρνιθα να αποκτήσει ισχυρό σκελετό για να αντέξει τις δυνάμεις που οδηγούν στα κατάγματα. Ο Wise (1970b) περιέγραψε τις ερευνητικές μεθόδους που πρέπει να διεξάγονται για να περιγραφεί σωστά από τι αποτελείται ένας κατάλληλα δομημένος σκελετός. Διαχώρισε τις μεθόδους σε «ποιοτικές» και «ποσοτικές». Οι ποιοτικές περιλαμβάνουν ιστολογία, τέφρα, πυκνότητα και τεστ μετρήσεων αντοχής των οστών, ενώ οι ποσοτικές πρέπει να συσχετίζουν το βάρος οστών με το βάρος των ορνίθων, συμπεριλαμβάνοντας και στοιχεία από τις διαστάσεις των οστών (π.χ. μήκος, πάχος) (Wise 1970a).

Σημαντικότατη έρευνα έχει γίνει στην οστεοπενία χρησιμοποιώντας διάφορα οστά, όπως μηριαίο (Kim et al. 2004), κερκίδα (Moore et al. 1977, Wilson και Harner 1988), κλείδα (Adams et al. 1970) και βραχιόνιο (Gregory και Wilkins 1992, Fleming et al. 1998a). Παρ' όλα αυτά, η περισσότερη έρευνα έχει διεξαχθεί πάνω στην αντοχή της κνήμης (Rowland et al. 1967, Rowland και Harms 1970b, Frost et al. 1990, Koutoulis 1998). Η σχετικά εύκολη πρόσβαση και ανατομή της κνήμης, αλλά κυρίως η συμμετρία της, είναι πιθανώς οι λόγοι που η κνήμη αποτελεί το οστό προτίμησης για την έρευνα στην οστεοπενία.

Μέχρι οι Rowland et al. (1967) να χρησιμοποιήσουν για πρώτη φορά το τεστ μέτρησης των 3-σημείων (3-point testing) για να εξετάσουν την επίδραση του ασβεστίου και του φωσφόρου της τροφής πάνω στην αντοχή των οστών των ορνίθων, η τέφρα των οστών ήταν ο κύριος τρόπος μέτρησης. Από τότε, το τεστ μέτρησης των 3-σημείων έχει γίνει η κύρια μέθοδος για να ερευνούμε τις επιδράσεις της διατροφής ή άλλων παραγόντων (π.χ. γενετικοί, περιβάλλον, διαχείριση) στην οστεοπενία. Παρ' όλα αυτά, ο Wilson (1991) πρότεινε ότι «το τεστ μέτρησης των 3-σημείων που μετράει την τελική δύναμη θραύσης δεν είναι πολύ κατατοπιστικό και η αξία του πρέπει να τεθεί υπό αμφισβήτηση, γιατί μετράει αντοχή σε δυνάμεις που δεν εφαρμόζονται με φυσιολογικό τρόπο». Έτσι, οι ερευνητές έχουν κατευθυνθεί στη χρήση άλλων τεχνικών, όπως το περιστροφικό τεστ (torsional testing) (Koutoulis et al. 1997a, 1997b), η ιστομορφομετρία (Whitehead και Wilson 1992), η χρήση υπερήχων (Fleming et al. 2004) και η ακτινολογία (Fleming et al. 1998b). Οι τεχνικές αυτές άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια ευρύτατα, έχοντας το πλεονέκτημα της μέτρησης αντοχής των οστών χωρίς να το καταστρέφουν. Επιπλέον, η εύκολη προετοιμασία των οστών, η χρήση του ίδιου οστού για σύγκριση ερευνητικών τεχνικών, καθώς και η ευκολία εφαρμογής και η επαναληψιμότητά τους, καθιστούν τις τεχνικές αυτές πολύ χρήσιμα εργαλεία στην έρευνα της οστεοπενίας.

4) Αιτιολογία της οστεοπενίας

4.1.) Κύριοι παράγοντες

Α) Οστεομαλακία

1) Ανεπάρκεια ασβεστίου στην τροφή

Έχουν γίνει πολλές έρευνες σχετικά με την επίδραση διάφορων επιπέδων και διαφορετικών πηγών ασβεστίου πάνω στην αντοχή και την τέφρα των οστών ή τον όγκο του μυελώδη οστίτη ιστού (Πίνακας). Στη συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών, αυξημένα επίπεδα ασβεστίου και λήψη ασβεστίου με τη μορφή

Table. Dietary calcium supplementation: trial details and responses (bone data, feed intake, shell quality and egg production traits).

Πίνακας. Χορήγηση ασβεστίου στην τροφή: πειράματα και αποτελέσματα (οστά, λήψη τροφής, ποιότητα κελύφους και χαρακτηριστικά αυγοπαραγωγής).

Βιβλιογραφία	Φυλή	Ηλικία (εβδ.)	Σύστημα	Ασβέστιο (%)	Πηγή	Οστό	BBS	Τέφρα οστών	MBV	Λήψη τροφής	Ποιότητα κελύφους	Μέθοδος†	Βάρος κελύφους	Βάρος αυγού	Παραγωγή αυγών
Frost & Roland (1991b)	DeKalb XL	25-31	Κλουβιά	2.8 - 4.3	Τροφή	Κνήμη	↑+	↑+		↑+	↑+	SG		↑+	NS
Hellwig & Waldroup (1985)		74-76		3.0 - 7.5	Στρειδάλευρο	Κνήμη	↑+	↑+							NS
Ademosun & Kalango (1973)	Harco	22-70	Κλουβιά & δάπεδο	2.0 - 4.3	Στρειδάλευρο	Κνήμη		↑+			↑+	mg/cm^2			NS
Clunies et al. (1992)	Leghorn W	40-43	Κλουβιά	2.5 - 4.5	Τροφή	T-F-H			↑+				↑+		↑+
Keshavarz (1986)	Leghorn W	50-59	Κλουβιά	2.0 & 5.0	Τροφή	Κνήμη		↑+		-	+	SG		NS	NS
Frost & Roland (1989)	DeKalb XL	21-27	Κλουβιά	2.8 - 4.3	Τροφή	Κνήμη	↑+	↑+		↑+	↑+	SG		↑+	NS
Miller & Sunde (1975)	Leghorn W			1.5 - 4.5	Τροφή			↑+		↑+	↑+	SDef.		↑+	↑+
Roland et al. (1996)	Hy-Line	20-32	Κλουβιά	2.5 - 5.0	Τροφή	Κνήμη	↑+	↑+		↑+	↑+	SG		NS	↑+
Cheng & Coon (1990)	DeKalb	36-42	Κλουβιά	2.0 - 4.5	↑μέγεθος Ασβεστόλιθου	Μηριαίο	↑+	↑+	↑+		↑+	mg/cm^2	↑+	NS	NS
Ousterhout (1980)	Leghorn W	28-64	Κλουβιά	2.8 - 4.8	Τροφή					NS	↑+	mg/cm^2	↑+	-	NS
Reichmann & Connor (1977)	Roche-dale	22-38	Κλουβιά	2.4 - 5.7	Τροφή	Κερκίδα	↑+			NS	↑+	SG		-	NS

B: *Καφέ,* ***W:*** *Λευκή*

T-F-H:*κνήμη, μηριαίο, βραχιόνιο*

BBS*: αντοχή οστών στη θραύση*

MBV*: όγκος μυελώδη οστίτη ιστού*

†: μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για μέτρηση ποιότητας κελύφους

SDef*.:παραμόρφωση κελύφους (μm)*

SG:*ειδικό βάρος*

↑+*: αύξηση με την αύξηση των επιπέδων ασβεστίου*

NS*: στατιστικώς μη σημαντική επίδραση*

+: *θετική επίδραση*

-: *αρνητική επίδραση*

μεγάλων κόκκων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανθεκτικότητας των οστών, ανεξαρτήτως από το οστό που χρησιμοποιήθηκε, και την εναπόθεση ανόργανων ουσιών, όπως αποδεικνύονταν από την αύξηση της τέφρας στα οστά.

2) Ανεπάρκεια φωσφόρου στην τροφή

Τροφές με ανεπάρκεια φωσφόρου προκάλεσαν αδυναμία στα πόδια, παράλυση και κατάγματα στους σπονδύλους και άλλα οστά (Riddell et al. 1968). Οι Singsen et al. (1969) βρήκαν ότι αυξημένη χορήγηση φωσφόρου στο ποσοστό του 0.56% από διαφορετικές πηγές (διασβέστιο και πέτρωμα Curacao) μείωσαν τη συχνότητα της Κλωβοκόπωσης. Ανεπάρκεια φωσφόρου προκαλεί οστεομαλακία με αλλοιώσεις παρόμοιες αυτών που προκαλεί η ανεπάρκεια ασβεστίου (Bar και Hurwitz 1984).

3) Ανισορροπία της σχέσης ασβεστίου / φωσφόρου στην τροφή

Οι Leeson και Summers (1997) ανέφεραν ότι εάν υπάρχει περίσσεια ασβεστίου στην τροφή, οδηγώντας σε ανισορροπία της σχέσης ασβεστίου – φωσφόρου, τότε αποβάλλεται διφωσφορικό ασβέστιο ($Ca_3(PO_4)_2$), προκαλώντας μεταβολική ανεπάρκεια φωσφόρου με αποτέλεσμα την οστεομαλακία.

4) Ανεπάρκεια βιταμίνης D στην τροφή

Οι βιταμίνες D_3 και 1,25-διυδροξυχολοκαλσιφερόλη ($1,25(OH)_2D_3$) είναι απαραίτητες στην όρνιθα για να απορροφήσει, να μεταφέρει και να κινητοποιήσει το ασβέστιο και το φώσφορο. Ανεπαρκή επίπεδα 1,25-διυδροξυχολοκαλσιφερόλης, ενεργού μεταβολίτη της βιταμίνης D, οδηγεί σε μειωμένη απορρόφηση και επίσχεση ασβεστίου και φωσφόρου και, τελικά, καταλήγει στην οστεομαλακία. Πολλές έρευνες έχουν, επίσης, διεξαχθεί πάνω στην επίδραση της βιταμίνης D_3 και/ή της 1,25-διυδροξυχολοκαλσιφερόλης στην ακεραιότητα του σκελετού και την ανθεκτικότητα των οστών (Moore et al. 1977, Frost et al. 1990). Οι έρευνες αυτές ανέφεραν θετική επίδραση των συστατικών αυτών πάνω στην ανθεκτικότητα της κνήμης και της κερκίδας των πτηνών σε διάφορα στάδια της αναπαραγωγικής τους ζωής (ηλικία 53, 65 ή 68 εβδομάδων).

Β) Οστεοπόρωση

1) Ορμονικές αλλαγές

Ο ακριβής μηχανισμός της δράσης των στεροειδών ορμονών πάνω στις σταθερές μεταβολές ανανέωσης και μετασκευής των οστών δεν είναι πλήρως διευκρινισμένος. Παρ' όλα αυτά, η οστεοπόρωση μπορεί να προκληθεί στις όρνιθες με τη χορήγηση υψηλών δόσεων οιστρογόνων στους κόκορες και τις αυγοπαραγωγές όρνιθες προκαλώντας ανισορροπία ορμονών. Στις όρνιθες, μείωση στην ποσότητα του σπογγιώδη και πεταλιώδη οστίτη ιστού θα έχει ως αποτέλεσμα την ευθραυστότητα των οστών. Στους ανθρώπους, η αύξηση στην απορρόφηση των οστών μπορεί να προληφθεί και σε κάποιο βαθμό να αντιστραφεί με χορήγηση ορμονών (Price και Russell 1992).

2) Έλλειψη άσκησης

Η οστεοπόρωση εντοπίζεται κυρίως σε όρνιθες που εκτρέφονται σε κλωβοστοιχίες. Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει ότι ο περιορισμός σε κλουβί είναι ικανός να μειώσει σημαντικά την ανθεκτικότητα των οστών (Knowles και Broom 1990) και να προκαλέσει οστεοπενία (Lanyon και Rubin 1984). Η έλλειψη της άσκησης μειώνει τις μηχανικές δυνάμεις που εφαρμόζονται στα οστά και καταλήγει σε ελάττωση της αντοχής τους. Η σωστή διατήρηση της δομής και λειτουργίας των οστών απαιτεί την άσκηση μηχανικών δυνάμεων, όπως αυτές που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής κίνησης. Στις εκτατικές εκτροφές, η αύξηση της αντοχής των οστών συνδέεται με την αυξημένη κινητικότητα.

Επιπλέον, η προσθήκη κουρνιάστρας στο κλουβί αύξησε σημαντικά την ανθεκτικότητα των οστών. Ο όγκος του οστού, μια σημαντική παράμετρος μέτρησης της εκφύλισής του, βρέθηκε να συσχετίζεται σημαντικά με το χρόνο που μία όρνιθα ξοδεύει μέσα σε κουρνιάστρα που τοποθετήθηκε στο κλουβί (Hughes et al. 1993).

3) Επίδραση της ηλικίας

Η οστεοπόρωση συσχετίζεται με την ηλικία και κυρίως εμφανίζεται σε όρνιθες ενός έτους τουλάχιστον, κυρίως στην αρχική φάση της πλήρους αυγοπαραγωγής, ενώ οι McCoy et al. (1996) προσδιόρισαν τη μέση ηλικία της «Κλωβοστεοπόρωσης» στις 45.5 εβδομάδες.

Οι Whitehead και Wilson (1992) κατέγραψαν μείωση στην αντοχή των οστών, που συνδεόταν με σημαντική μείωση στον όγκο των πλατιών δοκίδων του οστού, καθόλη τη διάρκεια της αυγοπαραγωγής και πρότειναν ότι η μείωση-εξάντληση της δομής του οστού που εντοπίζεται στην οστεοπόρωση επεκτείνεται σε όλο το σκελετό και επιδεινώνεται με την ηλικία.

4.2.) Προδιαθέτοντες παράγοντες

1) Γενετικοί παράγοντες

Η συνεχής επιλογή γραμμών που συνδυάζουν πολύ υψηλή παραγωγικότητα με μικρή γενετήσια ωριμότητα, χαμηλό σωματικό βάρος και μικρή λήψη τροφής πιστεύεται ότι είναι οι κύριοι προδιαθέτοντες παράγοντες που επιδεινώνουν το πρόβλημα. Οι σύγχρονοι μέθοδοι διατροφής, διαχείρισης και ελέγχου ασθενειών επέτρεψαν την πλήρη έκφραση του γενετικού υλικού και αυτό το υλικό οδήγησε τις όρνιθες να γεννούν γρηγορότερα, να είναι μικρόσωμες και πιο αποτελεσματικές, να τρώνε λιγότερο και να παράγουν περισσότερα και μεγαλύτερα αυγά (65 γρ σε σχέση με 55 γρ λίγα χρόνια πριν). Όλες αυτές οι αλλαγές είχαν ως αποτέλεσμα οι όρνιθες να έχουν μεγαλύτερες ανάγκες για το μεταβολισμό των οστών τους απ' ότι οι πρόγονοι τους, κάτι που η σύγχρονη έρευνα πάνω στη διατροφή προσπαθεί να αντισταθμίσει. Διαφορές στην ανθεκτικότητα των οστών ανάμεσα σε διαφορετικές φυλές επίσης έχουν αναφερθεί. Οι Knowles et al. (1993) και πρόσφατα οι Riczu et al. (2004) παρουσίασαν αποτελέσματα που ισχυρά συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι η φυλή επηρεάζει την ανθεκτικότητα των οστών.

2) Διατροφικοί παράγοντες

Οι διατροφικές πρακτικές στη σύγχρονη πτηνοτροφική παραγωγή έχει αλλάξει πολύ τα τελευταία είκοσι χρόνια. Οι Duff και Thorp (1985) ανέφεραν ότι η συχνότητα των νόσων που αφορούν στο σκελετό των κρεοπαραγωγών ορνιθίων μπορεί να μειωθεί με περιορισμό της τροφής σε συγκεκριμένες περιόδους της παραγωγής σε σύγκριση με διατροφή *ad libitum*, συσχετίζοντας στενά τον περιορισμό τροφής και τη μείωση των προβλημάτων. Οι Roland και Rao (1992), ερευνώντας τη σχέση διατροφής με την εμφάνιση προβλημάτων στις αυγοπαραγωγές όρνιθες, συμπέραναν ότι η ανεπαρκή λήψη ασβεστίου μπορεί να προκαλέσει οστεοπενία σε όρνιθες που ξεκίνησαν να γεννούν νωρίς. Αυτό πιθανώς να ήταν το αποτέλεσμα πίεσης στο σκελετό λόγω αλλαγής από την τροφή ανάπτυξης στην τροφή αυγοπαραγωγής. Επίσης, η ενέργεια της τροφής στα σιτηρέσια έχει μειωθεί τα τελευταία είκοσι χρόνια. Αυτό ενθαρρύνει την κατά βούληση λήψη τροφής και ασβεστίου για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Επιπρόσθετα, μερικοί παραγωγοί ταΐζουν 5 φορές περισσότερη βιταμίνη D σε σχέση με τις προδιαγραφές από το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών των ΗΠΑ (1984). Παρ' όλο που τα επίπεδα ασβεστίου στην τροφή έχουν σημαντικά αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, τα αντίστοιχα φωσφόρου έχουν μειωθεί, με αποτέλεσμα μια μη ισορροπημένη σχέση ασβεστίου και φωσφόρου που καταλήγει στην οστεοπενία.

3) Παράγοντες διαχείρισης

Η αύξηση του πληθυσμού των ορνίθων στα κλουβιά δεν επηρεάζει τη λήψη τροφής και συνεπώς τη λήψη των συστατικών της (Brake 1991). Στην έρευνα αυτή, αναμένονταν ότι ο συνδυασμός υψηλής πυκνότητας των ορνίθων και χαμηλού φωσφόρου στην τροφή θα προκαλούσε θνησιμότητα και περιστατικά οστεοπενίας. Το γεγονός αυτό δεν επαληθεύτηκε, πιθανώς λόγω της μικρής διάρκειας της έρευνας (2 εβδομάδες) και της μεγάλης ηλικίας των ορνίθων (65 εβδομάδων).

Επίσης, ο σχεδιασμός των σειρών και του σχεδίου των κλουβιών μπορεί να προδιαθέτει σε κατάγματα στη σφαγή στο τέλος της αυγοπαραγωγής. Οι Anderson και Adams (1994) υπέθεσαν ότι επειδή οι όρνιθες στέκονται σε κλουβιά με δικτυωτό σύρμα 2.5×5.0 cm, γαντζωμένες με τα νύχια τους και το πέλμα τους να αιωρείται κάτω από το συρμάτινο δάπεδο, το γεγονός αυτό δεν επιτρέπει στις όρνιθες να μοιράζουν ισομερώς το βάρος τους πάνω στα πόδια τους με αποτέλεσμα αλλαγές στη δομή των οστών και στην κατανομή των μυών στα πόδια. Οι Harner και Wilson (1985), επίσης, βρήκαν ότι το ύψος του κλουβιού (40.0 cm σε σύγκριση με 62.5 cm) επηρέασε θετικά την ανθεκτικότητα της κερκίδας και του βραχιόνιου οστού σε όρνιθες ηλικίας 72 εβδομάδων, λόγω της μεγαλύτερης υπερέκτασης και άσκησης των πτερύγων. Αύξηση της δραστηριότητας των ορνίθων και η τοποθέτηση κουρνιάστρων σε όρνιθες που εκτρέφονται σε κλουβιά αυξάνει την αντοχή των οστών, ενώ ο περιορισμός στην άσκηση μειώνει τις μηχανικές δυνάμεις που ασκούνται στα οστά και οδηγεί σε απώλεια της οστικής μάζας προδιαθέτοντας σε κατάγματα.

Οι Rowland και Harms (1970b) βρήκαν ότι όρνιθες σε κλωβοστοιχίες είχαν σημαντικά χαμηλότερη οστεοαντοχή από αυτές που βρίσκονταν σε δάπεδο με στρωμνή. Οι Rowland et al. (1971) ανέφεραν, επίσης, ότι η οστεοαντοχή σε κρεοπαραγωγά ορνίθια που εκτρέφονταν στο δάπεδο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτά που εκτρέφονταν σε κλωβούς.

Σε έρευνα με όρνιθες σε κλωβοστοιχίες η συχνότητα πρόσφατων σπασμένων οστών στο σφαγείο ήταν υψηλή, ενώ αντιθέτως όρνιθες σε εκτατικά συστήματα εκτροφής είχαν περισσότερα παλιά επουλωμένα

κατάγματα, λόγω ατυχημάτων κατά την πτήση και την προσγείωση (Gregory et al. 1990). Οι Knowles και Broom (1990) υπέδειξαν ότι "η ποσότητα των κινήσεων των ορνίθων σε κλωβοστοιχίες δεν ήταν αρκετή για να αποφευχθεί η οστεοπενία και έτσι η ευθραυστότητα των οστών ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή σε όρνιθες που εκτρέφονταν σε φωλιές και συστήματα Elson".

Η συχνότητα των καταγμάτων επηρεάζεται αρκετά και από τους τρόπους χειρισμού κατά τη μεταφορά και σφαγή. Τα μεγαλύτερα ποσοστά καταγμάτων συμβαίνουν κατά την απομάκρυνση, μεταφορά και χειρισμό στο σφαγείο. Ο Beckett (1992) ανέφερε ότι η τοποθέτηση των ορνίθων αυγοπαραγωγής σε κλουβιά μεταφοράς κρατώντας τα από τα δύο πόδια αντί από το ένα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των καταγμάτων κατά 5%.

4.3.) Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή των οστών

1) Ηλικία κατά τη γενετήσια ωριμότητα

Οι Gregory et al. (1990) βρήκαν ότι η ηλικία γενετήσιας ωριμότητας, με εύρος ηλικιών της γενετήσιας ωριμότητας να είναι μόνο 10 ημέρες, δεν είχε επίδραση πάνω στη συχνότητα των σπασμένων οστών σε όρνιθες ηλικίας 82 εβδομάδων. Σε αντίθεση, ο Koutoulis (1998) αναφέρει σημαντική επίδραση της γενετήσιας ωριμότητας πάνω στην «ακαμψία της κνήμης» (η εσωτερική αντίσταση στρέψης της μοριακής δομής του οστού στις εξωτερικές δυνάμεις περιστροφής) ορνίθων που ωρίμασαν με 30 ημέρες διαφορά. Οι διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές για να εξετάσουν τα οστά, τεχνική 3-σημείων έναντι περιστροφικού τεστ αντίστοιχα, πιθανώς να συνεισφέρανε σε αυτές τις αντιθέσεις των αποτελεσμάτων, επειδή η πρώτη τεχνική, σε αντίθεση με τη δεύτερη, μετράει αντοχή των οστών σε δυνάμεις που δεν εφαρμόζονται με φυσιολογικό τρόπο.

2) Σωματικό βάρος

Ο Lanyon (1992) έδωσε έμφαση στο γεγονός ότι δυνάμεις βάρους που δεν ασκούνται φυσιολογικά έχουν ως αποτέλεσμα οστά με μικρότερη μάζα και αρχιτεκτονική μεγαλύτερης ευθραυστότητας. Πράγματι, οι Frost και Roland (1991a) εξέτασαν τις σχέσεις ανάμεσα σε σωματικό βάρος, βάρος κνήμης και ανθεκτικότητα κνήμης, αποδεικνύοντας ότι όλες οι μεταβλητές ήταν σημαντικά συσχετισμένες. Χρησιμοποιώντας το τεστ των 3-σημείων, παρόμοιες σχέσεις βρέθηκαν ανάμεσα σε σωματικό βάρος, βάρος κνήμης και αντοχή κνήμης σε αυγοπαραγωγές όρνιθες (Taylor και Hurnik 1994) και κρεοπαραγωγά ορνίθια (Yalcin et al. 1998).

3) Επίδραση του μυελώδη οστίτη ιστού

Παρ' όλο που ο μυελώδης οστίτης ιστός πιστεύεται ότι δεν παίζει σημαντικό δομικό ρόλο (Bell και Freeman 1971), καθώς και ότι έχει μικρή εσωτερική δύναμη σε σχέση με τον πεταλιώδη και σπογγιώδη οστίτη ιστό (Knott et al. 1995), εντούτοις υπάρχουν ενδείξεις ότι η παρουσία του σε μεγάλες ποσότητες συσχετίζεται με αύξηση της οστεοαντοχής (Fleming et al. 1998a). Οι McCoy et al. (1996) πρότειναν, επίσης, την πιθανότητα ότι ο μυελώδης οστίτης ιστός σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως σοβαρή μορφή οστεοπόρωσης, συνεισφέρει στην αύξηση του πάχους του πεταλιώδη οστίτη ιστού και έτσι αυξάνει την αντοχή του οστού.

4) Επίδραση διαφόρων φαρμακευτικών και διατροφικών παραγόντων

Η αλενδρονάτη (alendronate) είναι ισχυρός αναστολέας της δράσης των οστεοκλαστών και χρησιμοποιείται για την πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης στους ανθρώπους. Οι Wilson et al. (1998) εξέτασαν την επίδραση της αλενδρονάτης για την πρόληψη της οστεοπόρωσης στις πουλάδες και βρήκαν ότι η δομική απώλεια των οστών που συσχετίζεται με το σχηματισμό του μυελώδη οστίτη ιστού, που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των ωαρίων, είχε προληφθεί.

Οι Rowland και Harms (1970a) εξέτασαν την επίδραση της προταμόνης, ιωδιομένη καζεΐνη με υψηλή θυρεοειδική δράση, και του διεστέρα διενεστρόλης, μορφή οιστρογόνου, πάνω στην οστεοαντοχή των αυγοπαραγωγών ορνίθων. Από τη στιγμή που η διενεστρόλη και η προταμόνη έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν το ασβέστιο του αίματος και το μεταβολισμό της όρνιθας αντιστοίχως, υπέθεσαν ότι η χρήση τους θα μπορούσε να αυξήσει την κινητοποίηση των ανόργανων ουσιών στην όρνιθα και να επιταχύνει την αντικατάσταση του ασβεστίου των οστών που χάνεται κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των αυγών. Πράγματι, βρέθηκε ότι και οι δύο ουσίες αυξάνουν την οστεοαντοχή.

Οι Koelkebeck et al. (1993) βρήκαν ότι η οστεοαντοχή της κνήμης σε όρνιθες που έπιναν ανθρακούχο νερό κατά τη διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών για έξι εβδομάδες ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με όσες έπιναν κανονικό νερό. Κατά τη διάρκεια υψηλών θερμο-

κρασιών, που οι όρνιθες λαχανιάζουν για να μειώσουν τη θερμοκρασία τους, η απώλεια του CO_2 συνοδεύεται με απώλεια ιόντων ασβεστίου. Η μείωση της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου εξηγεί τη λέπτυνση του κελύφους και τη διάλυση του ασβεστίου που είναι διαθέσιμο για τη σωστή σύνθεση του οστού.

Θετικά αποτελέσματα των διατροφικών συμπληρωμάτων φθορίου πάνω στην οστεοαντοχή της κνήμης των ορνίθων και των κρεοπαραγωγών ορνιθίων επίσης παρατηρήθηκαν (Huyghebaert et al. 1988, Merkley 1981).

Σημαντική αύξηση στην οστεοαντοχή της κνήμης και της κερκίδας επίσης παρατηρήθηκε στις όρνιθες όταν διατρέφονταν με: α) διττανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$) ή τσιμέντο Portland, "ένα υλικό που αποτελείται από πυριτικά άλατα ασβεστίου, μαζί με μια μικρή ποσότητα θειικού ασβεστίου" (Ferguson et al. 1974), β) αυξημένα επίπεδα Fe, Cu, Co, Mn, Zn και I (Bastien et al. 1979) και γ) βόριο (Wilson και Ruszler 1998).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι Fleming et al. (2006) πρότειναν ότι, επειδή η γενετική παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της οστεοπενίας, λόγω της χρήσης γραμμών με μικρό βάρος, πολύ καλή μετατρεψιμότητα τροφής και παραγωγή αυγών για μεγάλο χρονικό διάστημα, το πρόβλημα μπορεί να λυθεί μέσω της γενετικής. Περαιτέρω πρότειναν ότι «η λύση μπορεί να προέλθει από την ανάπτυξη νέων γραμμών ή την επιλογή μέσα στις ήδη υπάρχουσες γραμμές» και για αποδείξεις ανέφεραν ότι «ακόμα και στις σημερινές γραμμές, υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις στα άτομα όταν εξετάζονται οι δομικές διαφορές των οστών στο τέλος της αυγοπαραγωγής». Ωστόσο, η έλλειψη νέων τεχνικών για την πρόβλεψη της δομής των οστών στις όρνιθες και το μεγάλο χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να αναπτυχθούν νέες γραμμές, μειώνει τη σημασία της γενετικής ως μια γρήγορη λύση που θα προλαβαίνει την οστεοπενία των πτηνών.

Μοιάζει πιο πιθανό οι άμεσες και γρήγορες λύσεις για βελτίωση της ανθεκτικότητας των οστών να προέλθουν από διαχειριστικές και διατροφικές πρακτικές. Διαχειριστικές τροποποιήσεις έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν πάρα πολύ θετικά ή αρνητικά την ανθεκτικότητα των οστών. Είναι πολύ πιθανό ότι βελτίωση στο σχεδιασμό των κλουβιών για τις όρνιθες (π.χ. περισσότερος χώρος, χρήση φωλιάς) μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη συχνότητα και σοβαρότητα των καταγμάτων (FAWC 1997). Ωστόσο, η FAWC προτείνει ότι «η χρήση των κλασικών κλωβών πρέπει να καταργηθεί στο μεσομακροπρόθεσμο μέλλον». Εκτός και εάν η εισαγωγή νέων συστημάτων εκτροφής και η ταυτόχρονη κατάργηση των κλωβών δεν ακολουθηθεί από: 1) μείωση στους τραυματισμούς από συμπεριφορά ραμφισμάτων στα συστήματα χωρίς κλουβιά, 2) κατάργηση των εισαγωγών αυγών και προϊόντων αυγών στην Ε.Ε. από χώρες που χρησιμοποιούν κλουβιά και 3) ταυτόχρονη κατάργηση των κλουβιών σε όλη την Ε.Ε., τότε η βιομηχανία μπορεί να αντιμετωπίσει αθέμιτο ανταγωνισμό και σημαντικότατες οικονομικές ζημιές.

Η διατροφή είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται στην προσπάθεια βελτίωσης της οστεοπενίας. Και γι' αυτόν το λόγο δεν αποτελεί έκπληξη που η περισσότερη έρευνα στην οστεοαντοχή γίνεται προς αυτήν την κατεύθυνση (π.χ. ασβέστιο, φώσφορος, βιταμίνη D). Τροποποιώντας τη διατροφή, τα αποτελέσματα των διαφόρων πειραμάτων πάνω στην οστεοαντοχή, θετικά ή αρνητικά, μπορούν να είναι άμεσα και χωρίς οικονομική επιβάρυνση, όταν συγκρίνονται με αποτελέσματα πειραμάτων που μπορούν να προκύψουν μέσω της γενετικής και των διαχειριστικών τροποποιήσεων.

REFERENCES - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adams RL, Harrington RB, Jackson DD, Haugh CG & Stadelman WJ (1970) A procedure study of bone breakage in spent hens. Poultry Science, 49:1301-1304.

Ademosun AA & Kalango IO (1973) Effect of calcium and phosphorus levels on the performance of layers in Nigeria. 1. Egg production, egg shell quality, feed intake and body weight. Poultry Science, 52:1383-1392.

Anderson KE & Adams AW (1994) Effects of cage Versus floor rearing environments and cage floor mesh size on bone strength, fearfulness, and production of single comb white leghorn hens. Poultry Science, 73:1233-1240.

Bar A & Hurwitz S (1984) Egg shell quality, medullary bone ash, intestinal calcium and phosphorus absorption, and calcium-binding protein in phosphorus-deficient hens. Poultry Science, 63:1975-1979.

Bastien RW, Bradley JW, Pennington BL & Ferguson TM (1979) Effect of dietary mineral supplements on radius breaking strength and egg characteristics of caged layers. Poultry Science, 58:90-92.

Beckett AM (1992) Impacts of bone problems on the egg industry. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 339-343.

Bell DJ & Freeman BM (1971) In: Physiology and Biochemistry of the domestic fowl, Vol. 2. Academic Press, London and New York, pp 269.

Bell DJ & Siller WG (1962) Cage layer fatigue in brown leghorns. Research in Veterinary Science, 3:219-230.

Belyavin CG, Boorman KN & Volynchook J (1987) Egg quality in individual birds. In: Egg quality–Current problems and recent advances. Carfax Publishing Co, pp 105-121.

Brake JD (1991) The effects of caging density and diet on laying hens performance. Poultry Science, 70(Suppl):148.

Brambell FWR (1965) Report of the technical Committee to enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry Systems. In: Command Paper 2836. Her Majesty's Stationery Office, London.

Cheng TK & Coon CN (1990) Effect of calcium source, particle size, limestone solubility In Vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. Poultry Science, 69:2214-2219.

Clunies M, Emslie J & Leeson S (1992) Effect of dietary calcium level on medullary bone calcium reserves and shell weight of leghorn hens. Poultry Science, 71:1348-1356.

Couch JR (1955) Cage layer fatigue. Feed Age, 5:55-57.

Duff SRI & Thorp BH (1985) Abnormal angulation/torsion of the pelvic appendicular skeleton in broiler fowl: morphological and radiological findings. Research in Veterinary Science, 39:313-319.

FAWC (1997) Farm Animal Welfare Council. In: Report on the Welfare of Laying Hens. MAFF publications, London.

Ferguson TM, Scott JT, Miller DH, Bradley JW & Creger CR (1974) Bone strength of caged layers as affected by Portland cement and sodium bicarbonate. Poultry Science, 53:303-307.

Fleming RH, McCormack HA, McTeir L & Whitehead CC (2006) Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens. British Poultry Science, 47:742-755.

Fleming RH, Korver D, McCormack HA & Whitehead CC (2004) Assessing bone mineral density in vivo: digitized fluoroscopy and ultrasound. Poultry Science, 83:207-214.

Fleming RH, McCormack HA, McTeir L & Whitehead CC (1998a) Medullary bone and humeral breaking strength in laying hens. Research in Veterinary Science, 64:63-67.

Fleming RH, McCormack HA & Whitehead CC (1998b) Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. British Poultry Science, 39:434-440.

Frost TJ & Roland DA, SR (1991a) Research Note: Current methods used in determination and evaluation of tibia strength: A correlation study involving birds fed various levels of cholocalciferol. Poultry Science, 70:1640-1643.

Frost TJ & Roland DA, SR. (1991b) The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. Poultry Science, 70:963-969.

Frost TJ, Roland DA, SR. & Untawale GG (1990) Influence of vitamin D3, 1a-hydroxyvitamin D3, and 1,25-Dihydroxyvitamin D3 on eggshell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. Poultry Science, 69:2008-2016.

Frost TJ & Roland DA SR (1989) The influence of various calcium and phosphorus levels on bone formation and production performance of pullets during peak production. Poultry Science, 68(abs):56.

Gregory NG, Wilkins LJ, Knowles TG, Sorensen P & Van Niekerk T (1994) Incidence of bone fractures in European layers. In: Proceedings of the 9th European Poultry Conference, (Glasgow) Scotland.

Gregory NG & Wilkins LJ (1992) Skeletal damage and bone defects during catching and processing. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 313-328.

Gregory NG, Wilkins LJ, Eleperuma SD, Ballantyne AJ & Overfield ND (1990) Broken bones in domestic fowls: Effect of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. British Poultry Science, 31:59-69.

Gregory NG & Wilkins LJ (1989a) Effect of stunning current on carcass quality in chickens. Veterinary Record, 124:530-532.

Gregory NG & Wilkins LJ (1989b) Broken bones in domestic fowl: Handling and processing damage in end-of-lay battery hens. British Poultry Science, 30:555-562.

Grumbles LC (1959) Cage Layer Fatigue (cage paralysis). Avian Diseases, 3:122-125.

Harner JP & Wilson JH (1985) Effect of body size and cage profile on the shear strength of bones of caged layers. British Poultry Science, 26:543-548.

Hellwig HM & Waldroup PW (1985) Nutritional effects on processing-induced bone breakage in spent hens. Poultry Science, 64(abs):23.

Hughes BO, Wilson S, Appleby MC & Smith SF (1993) Comparison of bone volume and strength as measures of skeletal integrity in caged laying hens with access to perches. Research in Veterinary Science, 54:202-206.

Huyghebaert G, De Groote G, Froyman R & Derijcke J (1988) Effect of dietary fluoride on performances and bone characteristics of broilers and the influence of drying and defatting on bone-breaking strength. Poultry Science, 67:950-955.

Keshavarz K (1986) The effect of variation of calcium intake on production performance and shell quality. Poultry Science, 65:2120-2125.

Kim WK, Donalson LM, Herrera P, Woodward CL, Kubena LF, Nisbet DJ & Ricke SC (2004) Research note: Effects of different bone preparation methods (fresh, dry, and fat-free dry) on bone parameters and the correlations between bone breaking strength and the other bone parameters. Poultry Science, 83:1663-1666.

Knott L, Whitehead CC, Fleming RH & Bailey AJ (1995) Biochemical changes in the collagenous matrix of osteoporotic avian bone. Biochemical Journal, 310:1045-1051.

Knowles TG, Broom DM, Gregory NG & Wilkins LJ (1993) Effect of bone strength on the frequency of broken bones in hens. Research in Veterinary Science, 54:15-19.

Knowles TG & Broom DM (1990) Limb bone strength and movement in laying hens from different housing systems. Veterinary Record, 126:354-356.

Koelkebeck KW, Harrison PC & Madindou T (1993) Effect of carbonated drinking water on production performance and bone characteristics of laying hens exposed to high environmental temperatures. Poultry Science, 72:1800-1803.

Koutoulis KC (1998) The effects of dietary calcium intake, absorption and age at sexual maturity on bone strength of battery caged laying hens. Ph.D Thesis, University of Bristol.

Koutoulis KC, Perry GC & Lewis PD (1997a) Effect of lighting regimen, calcium supply and age at first egg on tibia stiffness and breaking strength, and shell quality in laying hens. British Poultry Science, 38(Suppl):9-10.

Koutoulis KC, Perry GC & Lewis PD (1997b) The influence of calcium form and intake on bone characteristics and shell quality in laying hens. In: Proceedings of XIth International Congress of the World Veterinary Poultry Association, (Budapest) Hungary, pp 143.

Lanyon LE (1992) Functional load-bearing as a controlling influence for fracture resistance in the skeleton. In: Bone Biology and

Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 61-66.

Lanyon LE & Rubin CT (1984) Static versus dynamic loads as an influence on bone remodelling. Journal of Biomechanics, 17:892-905.

Leeson S & Summers JD (1997) In: Commercial Poultry Nutrition. 2nd ed, University Books, Ontario.

McCoy MA, Reilly GAC & Kilpatrick DJ (1996) Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers. Research in Veterinary Science, 60:185-186.

Merkley JW (1981) The effect of sodium fluoride on egg production, egg quality, and bone strength of caged layers. Poultry Science, 60:771-776.

Miller PC & Sunde ML (1975) Dietary calcium levels in pre-lay and lay diets in Leghorn pullets. Poultry Science, 54:1856-1867.

Miller SC (1992) Calcium homeostasis and mineral turnover in the laying hen. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 103-116.

Moore DJ, Bradley JW & Ferguson TM (1977) Radius breaking strength and egg characteristics of laying hens as affected by dietary supplements and housing. Poultry Science, 56:189-192.

Newman S & Leeson S (1997) Skeletal integrity in layers at the completion of egg production. World's Poultry Science Journal, 53:265-277.

NRC (1984) National Research Council. In: Nutrient requirements of poultry. 8th ed, National Academy Press, USA.

Ousterhout LE (1980) Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. Poultry Science, 59:1480 1484.

Overfield ND (1987) Evaluation of egg quality in commercial practice. In: Egg quality – Current problems and recent advances. Carfax Publishing Co, pp 71-86.

Price JS & Russell RGG (1992) Bone remodelling: regulation by systemic and local factors. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 39-60.

Randall CJ & Duff SRI (1988) Avulsion of the patellar ligament in osteopenic laying fowl. Veterinary Record, 128:397-399.

Reichmann KG & Connor JK (1977) Influence of dietary calcium and phosphorus on metabolism and production in laying hens. British Poultry Science, 18:663-640.

Riczu CM, Saunders-Blades JL, Yngvesson AK, Robinson FE & Korver DR (2004) End-of–cycle bone quality in white- and brown-egg laying hens. Poultry Science, 83:375-383.

Riddell C, Helmboldt CF, Singsen EP & Matterson LD (1968) Bone pathology of birds affected with cage layer fatigue. Avian Diseases, 12:285-297.

Roland DA, SR, Bryant MM & Rabon HW (1996) Influence of calcium and environmental temperature on performance of first-cycle (Phase 1) commercial leghorns. Poultry Science, 75:62-68.

Roland DA & Rao SK (1992) Nutritional and management factors related to osteopenia in laying hens. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 281-295.

Rowland LO, JR, Damron BL, Ross E & Harms RH (1971) Comparisons of bone characteristics between floor and battery grown broilers. Poultry Science, 50:1121-1124.

Rowland LO, JR & Harms RH (1970a) Influence of protamone and dienestrol diacetate on bone fragility of caged layers. Poultry Science, 49:128-131.

Rowland LO, JR & Harms RH (1970b) The effect of wire pens, floor pens and cages on bone characteristics of laying hens. Poultry Science, 49:1223-1225.

Rowland LO, JR, Harms RH, Wilson HR, Ross IJ & Fry JL (1967) Breaking strength of chick bones as an indication of dietary calcium and phosphorus adequacy. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 126:399-401.

Sauveur B & Picard M (1987) Environmental effects on egg quality. In: Egg quality – Current problems and recent advances. Carfax Publishing Co, pp 219-234.

Singsen EP, Riddell C, Matterson LD & Tlustohowicz JJ (1969) Phosphorus in the nutrition of the adult hen. 3. The influence of phosphorus source and level on cage layer osteoporosis (Cage Layer Fatigue). Poultry Science, 48:394-401.

Taylor AA & Hurnik JF (1994) The effect of long-term housing in an aviary and battery cages on the physical condition of laying hens: Body weight, feather condition, claw length, foot lesions, and tibia strength. Poultry Science, 73:268-273.

Urist MR (1960) Cage layer osteoporosis. Endocrinology, 67(abs):879-880.

Urist MR & Deutch N-M (1960) Osteoporosis in the laying hen. Endocrinology, 66:377-391.

Webster AB (2004) Welfare implications of Avian osteoporosis. Poultry Science, 83:184-192.

Whitehead CC & Fleming RH (2000) Osteoporosis in cage layers. Poultry Science, 79:1033-1041.

Whitehead CC & Wilson S (1992) Characteristics of Osteopenia in Hens. In: Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry. Carfax Publishing Co, pp 265-280.

Wilson JH & Ruszler PL (1998) Long-term effects of boron on layer bone strength and production parameters. British Poultry Science, 39:11-15.

Wilson JH (1991) Bone strength of caged layers as affected by dietary calcium and phosphorus concentrations, reconditioning, and ash content. British Poultry Science, 32:501-508.

Wilson JH, Mason JP & Beane WL (1990) Influence of calcium and phosphorus on bone strength of spent hens. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 33:642-647.

Wilson JH & Harner JP (1988) Influence of body weight and cage height on the ultimate bending force and stress of the radius and tibia of layers. American Society of Agricultural Engineers, 31:578-581.

Wilson S, Solomon SE & Thorp BH (1998) Bisphosphonates: a potential role in the prevention of osteoporosis in laying hens. Research in Veterinary Science, 64:37-40.

Wise DR (1970a) Carcass conformation comparisons of growing broiler and laying strain chickens. British Poultry Science, 11:325-332.

Wise DR (1970b) Comparisons of the skeletal systems of growing broiler and laying strain chickens. British Poultry Science, 11:333-339.

Yalcin S, Settar P & Dicle O (1998) Influence of dietary protein and sex on walking ability and bone parameters of broilers. British Poultry Science, 39:251-256.