

6. ZUSAMMENFASSUNG

Osteochondropathische Erkrankungen im Bereich des Beinskeletts, bis dato oft unter dem wenig spezifizierenden Begriff der „Beinschwäche“ summiert, stellen nach wie vor eine bedeutende Verlustursache für das Mastgeflügel, so auch der Pute, dar.

Das Fehlen von Untersuchungen physiologischer wachstumskonformer Knochenparameter aus dem Bereich der Knorpel-Knochen-Grenze der Epiphysen der Beckengliedmaße im Verlauf einer Aufzucht- und Mastperiode bei der Pute erschwert die Diagnostik und Erforschung dieser Erkrankungen sowie die Abgrenzung zwischen physiologischen und pathologischen Prozessen.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen lag somit in der Darstellung der Wachstums- und Differenzierungsprozesse im Bereich der Wachstumsplatte (WP) der langen Beckengliedmaßenknochen über eine vollständige Wachstumsperiode. Es kamen insgesamt 94 weiße Putenhähne der 4-fach Hybridlinie B.U.T. Big 6 zur Untersuchung, welche wöchentlich vom 1. Lebenstag (LT) bis zum 147. LT (4 bis 6 Tiere pro Woche) einem konventionellen Mastbetrieb entnommen wurden.

Neben der Erfassung makroskopischer Parameter wie der Körpermasse, der Knochenlängen, der Femurfeuchtmasse, dem kraniokaudalen Diaphysendurchmesser des Femur (F) und Tibiotarsus (TT), fand die histologische und histometrische Analyse von Veränderungen der WP, sowie die Ausdehnung und Resorption der embryonalen Knorpelkegel (EK) und die Entwicklung des Gefäßsystems im Bereich der WP des proximalen (prox.) TT besonderes Augenmerk. Hierfür wurden rund 1900 Hämatoxylin–Eosin–gefärbte Paraffinschnittpräparate der Knochenenden angefertigt und unter Einsatz der automatischen Bildanalyse beurteilt. Ergänzend wurde röntgenologisch der WP-Schluß, die Entwicklung der Ossifikationszentren (EOC) und der EK anhand von 564 Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen dargestellt. Das Verhältnis von Markraum zur Kompaktafläche wurde anhand von 188 Röntgenbildern eines diaphysären F- und TT- Ringes ebenfalls über die automatische Bildanalyse ermittelt.

Supplementär wurde eine Veraschung der F- Diaphysenringe der jeweiligen Wochengruppe mit folgender Mineralstoffanalyse auf Ca und P sowie eine Knochendichtemessung der prox. Femurmetaphyse mit der Röntgenstrahlabsorptionstechnik durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Körpermasse, die Knochenlängen, der kraniokaudale Diaphysendurchmesser von F und TT, die F- und TT-Diaphysenquerschnittsflächen und die Feuchtmasse des F sich im untersuchten Zeitraum relativ gleichmäßig entwickeln, wobei sich bei diesen Parametern eine mehr oder weniger deutliche Sigmoidalität im Kurvenverlauf zeigt.

Die am 1. LT an allen untersuchten Knochenenden histologisch sowie röntgenologisch nachzuweisenden EK werden zwischen der zweiten und dritten Lebenswoche (LW) vollständig resorbiert.

Die untersuchten WP weisen ein einheitliches histologisches Erscheinungsbild der Zonenanordnung in Ruhe-, Proliferations-, prähypertrophe, hypertrophe sowie Ossifikationszone auf. Allen WP gemein ist, dass sie in der 6. LW ihre größte Ausdehnung erreichen. Unterschiede bestehen hinsichtlich der Dicke der WP. Es wird hierbei zwischen den Typ 1-WP und den Typ 2-WP differenziert. Erstere (WP des Femur) sind gekennzeichnet durch eine relative Konstanz ihrer Dicke zwischen 3000 µm und 4000 µm und einer folgenden kontinuierlichen Abnahme. Die WP des prox. TT und prox. TMT (Typ 2-WP) zeichnen sich dagegen durch einen raschen Anstieg der Dicke auf Werte zwischen 8500 µm und 8800 µm mit anschließendem raschen Schwund aus. Eine Zwischenstellung nimmt die WP des distalen (dist.) TT ein. Das Verhältnis von Proliferations- zur hypertrophen Zone stellt sich für die untersuchten WP als nicht konstant dar. Es zeigt für alle WP in der 7. LW die größte Weite.

Es konnten keine Anastomosen zwischen den die Proliferationszone der WP versorgenden penetrierenden epiphysären Gefäßen und dem metaphysären Gefäßsystem, welches die Matrixverkalkung, Chondrozytenlysis und –resorption sowie Ossifikation bewirkt, beobachtet werden. Der WP-Schwund endet mit der vollständigen Resorption am prox. F in der 19. LW, am dist. F in der 18. LW, am prox. TT in der 19. LW (20. LW), am dist. TT in der 14. LW und am prox. TMT in der 18. LW.

An beiden Epiphysen des TT sowie am prox. TMT konnten insgesamt fünf EOC nachgewiesen werden. Das im prox. TT solitär vorkommende EOC läßt sich erst ab der 4. LW bei allen Tieren der Wochengruppe röntgenologisch nachweisen. Seiner relativ späten Ausprägung und seiner Lage an der Insertionsstelle des Lig. patellae nach, ist es als sekundär anzusehen. Hingegen sind die beiden kondylären EOC am dist. TT und das am prox. TMT, die bei einem Teil der Tiere schon am ersten

Lebenstag vorliegen als primär zu bezeichnen, da sie den Tarsalknochen entstammen. Das ebenfalls am 1. LT nachweisbare sog. dritte EOC in der dist. Epiphyse des TT liegt im Zentrum dreier Bandinsertionsstellen und ist demnach wiederum sekundären Ursprungs.

Die mit der Zwei- Spektren- Röntgenstrahlabsorptionsmessmethode ermittelte Knochendichte der prox. Femurmetaphyse erhöht sich im Zeitraum zwischen der 5. LW und 11. LW um das 3,5-fache, wohingegen die Veraschung und Mineralstoffanalyse der Femurdiaphyse maximale Zuwächse an Trockenmasse, Rohasche sowie Ca und P lediglich bis zur 7. LW erkennen lassen.

Die mit dieser Arbeit vorliegenden Daten über die physiologische Skelettentwicklung der Knochen der Hinterextremität der Pute sollen eine Hilfe für die Früherkennung und weitere Erforschung von Osteochondropathien darstellen. Die Wachstumsabschnitte, in denen die Knochenparameter rapiden Veränderungen und starken Umbauprozessen unterliegen und damit eine erhöhte Anfälligkeit des unausgereiften Skeletts bedingen, werden herausgearbeitet und gesondert berücksichtigt.

7. SUMMARY

Examination of the physiologic skeletal growth of the hind limb of male turkeys (a process study of the development of macroscopic, histologic, radiologic, bone densitometry, and mineral analysis parameters)

Osteochondropathy in the bones of the leg - often referred to by the unspecific term of „leg weakness“ - remains a major cause of losses of commercial poultry , including turkeys.

The diagnosis and study of these disease entities and the differentiation between physiologic and pathologic growth are rendered difficult by lack of a process study of the development of physiologic bone parameters in the osteochondral junction of the epiphyses of the hind limb over a full period of growth. The goal of the present study was to illustrate the growth and differentiation processes in the growth plates of the long bones of the hind limb over the course of a full growth period.

The study group included a total of 94 white tom turkeys of the double hybrid line B.U.T. Big 6 ranging in age from one day to 147 days. These animals were obtained from a conventional turkey farm. The study documents the development of macroscopic parameters such as body weight, bone length, wet weight of the femur, and the craniocaudal diameter of the femoral and tibiotarsal diaphysis. Special attention was also devoted to observing the histomorphometric and histologic changes in the growth plates and their various zones and to the development of the vascular system of the proximal tibiotarsal growth plate. The size and resorption of the embryonic cartilage cone were also subject of histologic evaluation. This involved preparation of approximately 1900 transverse paraffin sections of the ends of the bones treated with hematoxylin and eosin stain. These sections were then respectively measured or evaluated with the aid of an automatic image analysis system.

The histologic findings were also compared with radiographic findings. Growth plate closure and the development of the ossification centers and embryonic cartilage cone were evaluated in 564 radiographs in two planes. The progression of the relationship between the area of medullary canal and the area of the cortex was demonstrated in 188 radiographs of rings of the femoral and tibiotarsal diaphyses with the aid of automatic image analysis system.

Additionally, the femoral diaphyseal sections of the group from the respective week were incinerated and the mineral content of the ash analyzed for calcium and phosphorus. Bone density measurements of proximal femoral metaphysis were also obtained.

The results show that body weight, bone lengths, craniocaudal diameter of the femoral and tibiotarsal diaphyses, cross-sectional area of the femoral and tibiotarsal diaphysis, and the wet weight of the femur all develop at relatively uniform rates. The progression of these parameters describes a more or less distinct sigmoidal curve.

The physiologic embryonic cartilage cones were also evaluated. Histologic and radiographic examinations demonstrated their presence in all of the one-day-old bone end specimens, and they were completely absorbed between the second and third week of life.

The growth plate specimens that were evaluated exhibited a uniform histologic appearance with respect to their architecture and arrangement of their zones. They all attained their greatest size in the sixth week of life. There were differences in the thickness of the growth plate. A distinction has to be made between type 1 growth plates and type 2 growth plates. The former are characterized by their relatively constant thickness, which ranges between 3000 and 4000 μm and late continuous decreases. The femoral growth plates are of this type. In contrast, the growth plates of the proximal tibiotarsus and proximal tarsometatarsus are type 2 growth plates. These typically exhibit a rapid increase in thickness to values ranging between 8500 and 8800 μm followed by rapid reduction. The growth plate of the distal tibiotarsus represents an intermediate form. Concerning the growth plate the proliferative zone in proportion to the hypertrophic one is not steady. All growth plates reach their maximum thickness in the 7th week of life.

No anastomoses were ever observed between the penetrating epiphyseal vessels supplying the proliferation zone of the growth plate and metaphyseal vascular system, which is responsible for matrix calcification, cytolysis and resorption of chondrocytes, and ossification. Reduction of the growth plate is initially attributable to a decrease in the thickness of the hypertrophic zone and to a decrease in the number and luminal diameter of the penetrating epiphyseal vessel canals. The process ends with the complete resorption of the growth plate. This occurs in the proximal femur in the 19th week of life, in the distal femur in the 18th week, in the

proximal tibiotarsus in the 19th (20th) week, in the distal tibiotarsus in the 14th week, and in the proximal tarsometatarsus in the 18th week respectively.

A total of five ossification centers were demonstrated in both epiphysis of the tibiotarsus and the proximal tarsometatarsus. The solitary ossification center occurring in the proximal tibiotarsus could only be demonstrated on radiographs in all animals in the fourth week of life. Its relatively late emergence and its location at the insertion of the patellar ligament suggest that it is a secondary center. In contrast, the two condylar ossification centers in the distal tibiotarsus and in the proximal tarsometatarsus (already present in some of the animals on the first day of life) may be regarded as primary centers as they arise from tarsal bones. Also visible on the first day of life, the so-called third ossification center in the distal epiphysis of the tibiotarsus lies in the middle of the insertions of three ligaments and is accordingly a secondary center.

Between the fifth and eleventh weeks of life, the density of the proximal femoral metaphysis increases by a factor of 3.5. In contrast, incineration and mineral analysis of the femoral diaphysis show maximum increases only up to the seventh week of life.

The data presented in this paper on the physiologic development of the bones of the hind extremity of the turkey should aid in the early detection and further study of osteochondropathy. Growth phases characterized by rapid changes and intensive remodelling, which are therefore associated with increased risk to the immature skeleton, are worked out and taken into consideration.