

6 ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die pränatale Morphogenese des Os hyoideum und des Larynx der Wachtel (*Coturnix coturnix*) zu untersuchen. Zum besseren Verständnis der komplexen Entwicklungsvorgänge lag der Schwerpunkt der Befunderhebung auf der entsprechenden dreidimensionalen Darstellung. Fünf Wachtel-embryonen wurden hierbei mit einem Bebrütungsalter von etwa 7,5 bis 12 Tagen (HH32 bis HH38) histologisch untersucht und computertechnisch rekonstruiert, was einen Vergleich mit der pränatalen Morphogenese des Os hyoideum und des Larynx des Menschen ermöglichte.

Das Os hyoideum der Wachtel setzt sich im Bebrütungsalter von etwa 7,5 Tagen (HH32) aus dem Os basibranchiale rostrale, dem Os basibranchiale caudale und den Cornua branchialia zusammen. Im Alter von etwa 8 bis 9 Bebrütungstagen (HH35) ist die paarige Anlage des Os entoglossum erstmals zu erkennen, die im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) fusioniert ist. Dies unterstützt die Theorie, dass es sich beim Os entoglossum um eine Neubildung bei den Vögeln handelt, die Entstehung also nicht den Pharyngealbögen zugeordnet wird. Bis zum Entwicklungsstadium HH36 (etwa 10 Bebrütungstage) liegen das Os basibranchiale rostrale und das Os basibranchiale caudale als separate knorpelige Anteile des Os hyoideum vor. Im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) sind beide Anteile fusioniert. Aufgrund der Lage kann man sie auf den 2. oder 3. Pharyngealbogen zurückführen. Allerdings kann auch eine Entwicklung aus der von einigen Autoren beschriebenen Copula, die sich ventral der Pharyngealbögen entwickelt, nicht ausgeschlossen werden.

Die beiden Cornua branchialia sind stark gebogen und unterteilt in ein Os ceratobranchiale und ein Os epibranchiale. Sie setzen an dem Os basibranchiale rostrale an und sind nicht mit dem Schädelknochen verbunden. Ihre Entstehung ist auf Grund ihrer Lokalisation auf den 2. oder 3. Pharyngealbogen eingrenzbar. Aber auch der in der Literatur beschriebenen Auffassung, dass am ausgebildeten Os hyoideum des Vogels keine Anzeichen eines 2. Pharyngealbogenknorpels zu finden sind, kann nicht widersprochen werden.

Beim Wachtelembryo liegen bis zum Entwicklungsstadium HH38 alle Anteile des Os hyoideum noch als knorpelige Vorläufer des knöchernen Os hyoideum vor.

Die chondrale Ossifikation setzt im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) an den Ossa ceratobranchialia ein.

Der Larynx der Wachtel ist erst im Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) ausgebildet. Er besteht aus dem unpaarigen Ringknorpel, Cartilago cricoidea, dem paarigen Stellknorpel, Cartilago arytenoidea, und aus der unpaarigen Cartilago procricoidea. Der Schildknorpel, Cartilago thyroidea, die Epiglottis und die Stimmbänder fehlen dem nur der Atmung dienenden Larynx. Dem Ringknorpel schließen sich die Knorpelringe der Trachea an. Die Arytenoidwülste, die bereits im jüngsten Entwicklungsstadium HH32 ersichtlich sind, stellen sich als erste Anlage des Larynx dar. Die in der Literatur vertretene Theorie, dass die Arytenoidknorpel aus den paarigen Arytenoidwülsten entstehen, kann durch die vorhandenen Ergebnisse anhand ihrer Lokalisation bestätigt werden. Ebenso kann man dazu tendieren, dass der Ringknorpel und die Cartilago procricoidea aus dem Mesenchym der 1. Trachealspange hervorgehen. Eine Ossifikation des knorpeligen Larynx ist bis zum Alter von etwa 12 Bebrütungstagen (HH38) des Wachtelembryos nicht zu beobachten.

Obwohl sich in der vorliegenden Arbeit die pränatalen Morphogenesen des Os hyoideum und des Larynx bei der Wachtel bzw. beim Menschen unterschiedlich darstellten, konnten Ergebnisse herausgearbeitet werden, die es erlauben, die Wachtel als Experimentaltier für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen zu nutzen.

7 SUMMARY

The aim of this thesis was to study the prenatal morphogenesis of the anlage of the hyoid bone and the larynx of the quail.

In order to give a better impression of the complex developmental processes, the main focus was on raising findings by means of 3D-reconstructions from histological serial sections. For this purpose, five quail embryos at breeding stages from 7.5 to 12 days (HH32 to HH38) were examined histologically and reconstructed by 3D-media. This way it was possible to compare the results to the same structures in human specimens.

The anlage of the hyoid bone of a quail at a breeding stage of 7.5 days (HH32) consists of the anlagen of the os basibranchiale rostrale, the os basibranchiale caudale and the cornua branchialia. At the breeding stage of 8 to 9 breeding days (HH35), the twins of the anlage of the os entoglossum can be viewed for the first time, while those of the stages at 12 breeding days (HH38) have fused. This supports the theory that the os entoglossum reflects a new formation of structures in these birds. Thus, it may not be a structure originating from the pharyngeal arches. Up to the anlagen of the developmental stage of 10 breeding days (HH36), the os basibranchiale rostrale and the os basibranchiale caudale are present as separate cartilaginous parts of the later hyoid bone. At the stage of 12 breeding days (HH38), both parts have fused. Due to their position, they may be traced back to the 2nd and 3rd pharyngeal arch. However, as quoted by some authors, the copula, which develops ventrally to the pharyngeal arches, might also be the starting point of the development.

Both cornua branchialia, consisting of the os ceratobranchialia and the os epibranchialia, show a strong curve. They start at the os basibranchiale rostrale and are not fused to the skull bone. Their emergence may be located due to their position at the 2nd or 3rd pharyngeal arch. Literature quotes that there is no indication of a bone derived 2nd pharyngeal arch in a fully developed hyoid bone of the bird, which can be supported by this study.

Up to developmental stage HH38, all parts of the hyoid bone remain present as cartilaginous anlagen in the quail embryo. The chondral ossification at the ossa ceratobranchialia starts at a stage of 12 breeding days (HH38).

The larynx of the quail has fully developed at 12 breeding days (HH38). It consists of the unpaired cricoid cartilage cartilago cricoidea, the twin arytenoid cartilage cartilago arytenoidea and the unpaired cartilago procricoidea. The thyroid cartilage cartilago thyroidea, the epiglottis and the ligamentum vocale are missing in the larynx which only presents a structure for breathing in the bird. Beyond the cricoid cartilage cartilago cricoidea, there are the cartilaginous rings of the trachea. The arytenoid ridges, which may be viewed already at the earliest developmental stage, HH32, are the first anlage of the larynx. The theory quoted in literature that the arytenoid cartilages develop from the twin arytenoid ridges may be confirmed by the results gathered in this study. Furthermore, the results allow to argue that the cartilago cricoidea and the cartilago procricoidea have their developmental starting point in the mesenchym of the 1st tracheal arch. An ossification of the cartilaginous larynx could not be viewed up to the stage of 12 breeding days (HH38) in the quail embryo.

Although there are differences concerning the prenatal morphogenesis of the hyoid bone, respectively the larynx of the quail and the human, this study was able to present the quail as a means of experimental model for further studies.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Baumel, J.J., King, A.S., Lucas, A.M., Breazile, J.E., Evans, H.E. (eds.):

Nomina Anatomica Avium

Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, 1979

Bellairs, R., Osmond, M.:

The Atlas of Chick Development

Department of Anatomy and Developmental Biology, University College London, 1998

Benninghoff, A.:

Anatomie

Band 1, Urban & Fischer, 16. Auflage, München, 2003

Berkovitz, B.K.B., Moxham, B.J.:

A textbook of head and neck anatomy

Wolfe Publishing Ltd, Barcelona, 1988

Blechs Schmidt, E.:

Rekonstruktionsverfahren mit Verwendung von Kunststoffen. Ein Verfahren zur Ermittlung und Rekonstruktion von Entwicklungsbewegungen

Z Anat Entwicklgesch 118, 170-174, 1954

Blechs Schmidt, E.:

Der menschliche Embryo

Schattauer, Stuttgart, 1963

Boenig, H., Bertolini, R.:

Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen

Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1971

Bolk, L., Göppert, E., Kallius, E., Lubosch, W.:

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere

Urban & Schwarzenberg, München, 1936

Born, G.:

Die Plattenmodellirmethode

Arch Mikr Anat 22, 584-599, 1883

Brandt, J.:

Beiträge zur Embryonalentwicklung der Symphysis des Menschen

Zahnmed Diss, FU Berlin, 1997

Bujard, E.:

Reconstructions plastiques des glandes salivaires du foetus humain de 10 semaines environ

Anat Anz 38, 115-134, 1911

Enlow, D.H.:

Facial growth

Saunders, Philadelphia, 1990

Fitzgerald, T.C.:

The Coturnix Quail, Anatomie and Histologie

The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1969

Gaunt, P.N., Gaunt, W.A.:

Three dimensional reconstruction in biology

Pittman Medical Publications, London, 1978

Germelmann, A.-R.:

Beitrag zur pränatalen Morphogenese des Os hyoideum des Menschen

Zahnmed Diss, Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2008

Gray, H.:

Anatomy of the human body

Lea & Febiger, Philadelphia, 1995

Hamburger, V., Hamilton, H.L.:

A series of normal stages in the development of the chick embryo

J Morphol 88, 49-92, 1951

Hamilton, H.L.:

Lillie's Development of the Chick

Henry Holt and Company, New York, 1952

Hildebrand, M., Goslow, G.E.:

Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere

Springer, Berlin, 2004

Hinrichsen, K.V.:

Human embryology

Springer, Berlin, 1990

His, W.:

Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbeltierleibes

Vogel, Leipzig, 1868

Hummel, G.:

Anatomie und Physiologie der Vögel

Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000

Ihle, J.E.W., van Kampen, P.N., Nierstrasz, H.F., Versluys, J.:

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere

Springer, Berlin, Reprint, 1971

Kämpfe, L., Kittel, R., Klapperstück, J.:

Leitfaden der Anatomie der Wirbeltiere

Gustav Fischer, Stuttgart, 1993

Kallius, E.:

Beiträge zur Entwicklung der Zunge

Anat H, Abt 1, 85/86 Heft (28. Bd. H. 2/3) , 1904

Keibel, F., Abraham, K.:

Normentafel zur Entwicklungsgeschichte des Huhnes (*Gallus domesticus*)

Gustav Fischer, Jena, 1900

Kitamura, H.:

Embryology of the mouth and related structures

Maruzen Co. Ltd., Tokyo, 1989

Kiwitt, R.:

Wachteln

Eugen Ulmer, Stuttgart, 2003

Koebke, J.:

Some observations on the development of the human hyoid bone

Anat Embryol 153, 279-286, 1978

König, H.E., Liebich, H.G.:

Anatomie und Propädeutik des Geflügels

Schattauer, Stuttgart, 2001

Langman, J.:

Medizinische Embryologie

Thieme, Stuttgart, 1989

Lippert, H.:

Lehrbuch Anatomie

Urban & Schwarzenberg, München, 1996

Malcharowitz, K.:

Beiträge zur pränatalen Craniomorphogenese der Wachtel (*Coturnix coturnix*)
Zahnmed Diss, Medizinische Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2004

Malpighi, M.:

De ovo incubato
Martyn, London, 1672

Malpighi, M.:

Dissertatio epistolica de formatione pulli in ovo
Martyn, London, 1673

Marjorie, A.:

Farbatlas der Embryologie
Schattauer, Stuttgart, 1985

Meikle, M.C.:

Craniofacial development, growth and evolution
Bateson Publishing, Bressingham, Norfolk, England, 2002

Michel, G.:

Kompendium der Embryologie der Haustiere
Gustav Fischer, Stuttgart, 1983

Moller, W.:

Biol Gen VI, 4. VII, 1931

Montagnon, J.:

Problèmes posés par la détermination de l'âge des embryos et foetus humains
Acta Anat 130, 64, 1987

Moore, K.L.:

Embryologie des Menschen
Schattauer, Stuttgart, 1985

Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E.:

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 5
Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1992

Radlanski, R.J., Jäger, A.:

Computergestützte 3D-Rekonstruktionen zur Darstellung embryonaler
Gestaltentwicklung
Wiss Z Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Med Reihe, 39-40, 1990

Radlanski, R.J., Kjaer, I., Vastardis, H., Renz, H.:

Morphometric studies on the fetal development of the human mandible
Fortsch Kieferorthop 55 (2), 77-83, 1994

Radlanski, R.J., Renz, H., Klarkowski, M.C.:

Bone remodeling of the human mandible during prenatal development
Anat Embryol (Berl) 207 (3), 221-232, 2003

O’Rahilly, R., Müller, F.:

Human embryology & teratology
Third Edition, Wiley-Liss, New York, 2001

Rohen, J.W.:

Anatomie für Zahnmediziner
Schattauer, Stuttgart, 1994

Romer, A.S., Parsons, T.S.:

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere
Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1983

Rüsse, I., Sinowatz, F.:

Lehrbuch der Embryologie der Haustiere
Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1991

Sadler, T.W.:

Medical embryology

10th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2006

Salomon, F.V.:

Lehrbuch der Geflügelanatomie

Gustav Fischer, Stuttgart, 1993

Schnorr, B.:

Embryologie der Haustiere

Enke, Stuttgart, 1996

Schnorr, B., Kressin, M.:

Embryologie der Haustiere

Enke, Stuttgart, 2001

Schwarze, E., Schröder, L.:

Kompendium der Geflügelanatomie

Gustav Fischer, Jena, 1985

Sobotta, J.:

Atlas der Anatomie des Menschen, Bd. 1

Urban & Schwarzenberg, München, 1993

Soft Imaging System GmbH:

AnalySIS® 3.1 Benutzerhandbuch 3D-Bearbeitung

Soft Imaging System GmbH, Münster, 2000

Sperber, G.H.:

Craniofacial development

Hamilton: BC Decker, London, 2001

Starck, D.:

Embryologie

Thieme, Stuttgart, 1975

Streicher, J., Weninger, W.J., Müller, G.B.:

External marker-based automatic congruencing: A new method of 3D reconstruction from serial sections

The Anatomical Record 148: 583-602, 1997

Weissenberg, R.:

Grundzüge der Entwicklungsgeschichte des Menschen in vergleichender Darstellung

Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1931

Weninger, W.J., Meng, S., Streicher, J., Müller, G.B.:

A new episcopic method for rapid 3D reconstruction: applications in anatomy and embryology

Anat Embryol 197: 341-348, 1998

9 DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Ralf J. Radlanski für das mir entgegengebrachte Vertrauen bei der Überlassung des Themas dieser Dissertation.

Er hat sich immer die Zeit genommen, mich in zahlreichen Diskussionen an die wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise heranzuführen. Sein fundiertes Wissen und seine konstruktive Kritik haben entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. R. A. Schneider, University of California at San Francisco, für die Bereitstellung der Wachtelembryonen unterschiedlicher Entwicklungsstadien, welche seiner Sammlung entstammen.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Experimentelle Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde möchte ich ebenfalls danken für die freundliche Arbeitsatmosphäre und die wertvollen Hilfestellungen. Insbesondere möchte ich mich bei Frau Irene Schwarz und Frau Barbara Danielowski für die stets anregende und kompetente Unterstützung am Mikroskop bzw. am Computer bedanken. Desweiteren möchte ich mich bei Herrn Dr. Herbert Renz, der mir immer hilfsbereit zur Seite stand, bedanken. Besonderer Dank gebührt auch Frau Beate Lion (Sekretariat Prof. Dr. Dr. R. J. Radlanski) für ihre inhaltliche und organisatorische Unterstützung.

Schließlich möchte ich meinen Eltern sowie Herrn G. Pawlik für alles, was sie mir ermöglicht haben, danken.

10 LEBENSLAUF

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

11 ERKLÄRUNG

„Ich, Lysann Schmidt, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem
Thema:

**Beitrag zur pränatalen Morphogenese des Os hyoideum der Wachtel
(Coturnix coturnix)**

Computergestützte 3D-Rekonstruktionen anhand von histologischen
Serienschnitten

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt,
ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer
Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, den 29.06.2010

(Lysann Schmidt)