

**Aus dem Institut für Anatomie und Zellbiologie Lehrstuhl I
der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. Hermann Koepsell**

Akzessorische Gelenke zwischen Basiokziput und Atlas bzw. Dens axis in der Medianebene

**Inaugural – Dissertation
Zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Martin Siegfried Fahr
aus
Würzburg**

Würzburg, 21.12.2005

Referent: Prof. Dr. med. Michael von Lüdinghausen

Korreferent: Prof. Dr. med. Gerhard Schindler

Dekan: Prof. Dr. med. Georg Ertl

Tag der mündlichen Prüfung:

14.06.2006

Der Promovend ist Arzt.

Mit den besten Wünschen
an meinen Doktorvater
Professor von Lüdinghausen

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Einleitung | S. 1 |
| Material und Methoden | S. 3 |
| Histologie | S. 4 |
| Polarisationsmikroskopie | S. 4 |
| Messungen | S. 4 |
| Ergebnisse | S. 5 |
| Osteoarthrose-freie Präparate | S. 5 |
| Osteoarthrotisch veränderte Präparate | S.10 |
| Histologie | S.19 |
| Vaskuläre, metabolische und neoplastische Besonderheiten im Bereich des kranio-zervikalen Überganges | S.21 |
| Condylus occipitalis tertius (TOC) | S.25 |
| Gemischter Fall bei gleichzeitigem Vorliegen einer Osteoarthrose und einem Condylus occipitalis tertius | S.29 |
| Diskussion | S.30 |
| Zusammenfassung | S.38 |
| Literaturverzeichnis | S.39 |

Einleitung

Die Inspektion des vorderen kranio-zervikalen Raumes in der Medianebene (lat. spatium cranio-cervicale anterius, engl. anterior cranio-cervical junction) an Leichenpräparaten älterer Individuen deckte drei unterschiedliche Situationen auf: normale makroanatomische Strukturen, additive entwicklungsinduzierte Variationen und Anomalien und pathologische Veränderungen.

In Übereinstimmung mit Töndury und Tillmann (1987) und Lang (1981, 1995) enthält der mediane Teil des Spatium anterius straffes Bindegewebe (wie das Ligamentum apicis dentis) und lockeres Bindegewebe, zahlreiche Venen und venöse Sinus. Nach Lang (1981) variiert der Abstand zwischen dem unteren Rand des Clivus, der als anthropologischer Messpunkt auch als Basiocciput bekannt ist, und dem Arcus anterior des Atlas und der Spitze des Dens axis – gemessen in der medianen Ebene erwachsener Leichen – zwischen 1 und 15 mm. Ferner fand Lang (1981) einige Fälle mit einer knöchernen Kontaktzone und einem schmalen Spalt zwischen Basiocciput, dem Atlas und der Spitze des Dens axis und erwähnte dabei die mögliche Existenz eines Condylus occipitalis tertius (third occipital condyle = TOC).

Prescher (1997) sowie Prescher und Brors (1998) bestätigten die Ergebnisse Langs (1981,1995). Darüber hinaus diskutierten Prescher und Brors (1998), dass die Abstandsvariationen zwischen Clivus und Atlas bzw. Dens axis meist dem Vorhandensein einer Osteoarthritis (OA) zuzuschreiben sind. Sie beobachteten auch hierbei einige Fälle, die in der Medianebene eine knöcherne Kontaktzone zwischen Basiocciput und Atlas bzw. Dens aufwiesen.

Übereinstimmend mit den Röntgenstudien von Junghanns (1931), Ober (1936), Epp (1950), Mc Rae (1960), Fischer und Schmidt (1969), Silberberg (1977), Aufdermauer (1979), Anda et al. (1988), Einig et al. (1990) und Daumen-Legre (1999) ist die prozentuale Häufigkeit des Auftretens einer spinalen OA, speziell des zervikalen Abschnittes, in der allgemeinen Bevölkerung ziemlich hoch und nimmt im Alter zu. Von Torklus und Gehle (1970) fanden eine OA der Intervertebralgelenke der Wirbelsäule (Articulationes zygapophyseales) in 36% der 41-50 jährigen Patienten und in 88% der über 60 jährigen Patienten.

In Übereinstimmung mit Orthopäden und Pathologen befällt die OA der Wirbelgelenke vor allem das Knorpelgewebe, die Synovia und das subchondrale Knochengewebe. In den betroffenen Gelenken entwickeln sich Grenzzonenknochen, Knorpelwucherungen und Osteophyten (Silberberg 1977, Aufdermauer 1979, Niethard und Pfeil 2003).

Diese Beobachtungen, in Verbindung mit einem TOC-verknüpften Fall von einem akzessorischen Atlantookzipitalgelenk in der Medianebene (von Lüdinghausen et al. 2002), waren der Anlass, den kraniozervikalen Übergang an einer größeren Zahl von Kopf-Hals-Präparaten aus dem Präpariersaal und an mazerierten Schädeln, Atlas- und Axispräparaten zu überprüfen. Dabei wurden moderne bildgebende Verfahren und histologische Techniken angewandt.

Es war Ziel dieser Untersuchung, das Spatium cranio-cervicale anterius von betagten Individuen mit makro- und mikroanatomischen sowie histologischen Verfahren darzustellen. Dabei sollten vor allem die nicht seltenen, aber ungewöhnlichen Kontaktzonen – wie sie von den zuvor angegebenen Autoren beschrieben wurden – aufgespürt und morphologisch dahingehend untersucht werden, ob eventuell symphysisartige Knochenkontakte oder gar echte Gelenke vorlagen. Beim Vorkommen eines echten Gelenkes wird diskutiert, ob es an der Stabilität des kraniozervikalen Übergangs oder bei Vorliegen einer Arthrose an einer eventuellen Instabilität Anteil hat.

Material und Methoden

Es wurden zwischen 2001 und 2003 99 Leichname beiderlei Geschlechts aus den Präpariersälen der Anatomischen Institute in Würzburg, Graz (Österreich), Stellenbosch (Südafrika) und Niigata (Japan) untersucht. Das Sterbealter lag zwischen 28 und 92 Jahren. Von unfixierten Leichen wurden MRT- und von fixierten Kopf-Hals-Präparaten CT-Bilder des kraniozervikalen Übergangs gemacht. Von eingefrorenen Kopf-Halspräparaten wurden Sägeschnitte und bei außergewöhnlichen Befunden aus dem vorderen kraniozervikalen Raum Blöcke entnommen und histologische Schnitte ausgeführt. Die Krankengeschichte der Patienten war nicht bekannt. Zusätzlich wurden Trockenpräparate des Schädels, des Atlas und des Dens untersucht (Tabelle 1).

Tabelle 1

Anzahl der untersuchten Präparate und die angewandten Methoden

Trockenpräparate: Schädel (N=110), Atlas (N=56), Axis (N=33)

Feuchtpräparate (N=99, 49 männliche Leichen, 50 weibliche Leichen)

Würzburg (63-92 Jahre alt zum Todeszeitpunkt, N=63)

Graz (66-88 Jahre alt zum Todeszeitpunkt, N=15)

Niigata (69-86 Jahre alt zum Todeszeitpunkt, N=12)

Stellenbosch (28-66 Jahre alt zum Todeszeitpunkt, N=9)

Makroskopie

MRT-Aufnahmen der Leichname, N=29

CT-Aufnahmen der Feuchtpräparate, N=50

Sägeschnitte tiefgefrorener Kopf-Hals-Präparate in der Medianebene, N=99

Histologie

20 Gewebeblöcke aus dem vorderen kraniozervikalen Übergang wurden entkalkt und in Paraffin eingebettet. Sieben Präparate wurden in Methylmetakrylat für Semi-Dünnschnitttechnik eingebettet. Folgende Färbemethoden kamen beim Vorliegen von guten Schnittpräparaten zur Anwendung: Pappenheim-Giemsa, H&E, van Gieson, Goldner, Alcian blau, Toloidin blau.

Polarisationsmikroskopie

Die Schnitte zweier Fälle mit zystischer Degeneration des Gelenkknorpels und des Lig. transversum atlantis, zystischem Umbau des Knochengewebes und offensichtlich kristallinen Ablagerungen wurden polarisationsmikroskopisch untersucht.

Messungen

Die sagittale Länge der Articulatio atlanto-axialis mediana wurde an allen medianen Schnittflächen der Kopf- und Halsfeuchtpräparate gemessen. Dabei wurde eine flexible Millimeterskala verwendet.

Die Größe der medianen Gelenkfläche der Trockenpräparate des Atlas und des Dens wurden unter Verwendung der Formeln $\{r^2 \times \pi$ bei runder Fläche oder $a \times b \times \pi$ bei elliptischer Fläche} und semiquantitativ in vier Kategorien (normal, geringfügige, mittelgradige oder starke Vergrößerung der Gelenkfläche) unterteilt.

Ergebnisse

Osteoarthrose-freie Präparate

Fünfzehn Atlas- und sechs Axisstrockenpräparate zeigten keine morphologischen Veränderungen der Gelenkflächen der Articulatio atlanto-axialis mediana.



Abb. 1 Atlas mit normal großer Fläche der medianen Facies articularis

Die durchschnittliche Größe der Gelenkfläche des Atlas (s. Abb. 1) betrug $46,53 \text{ mm}^2$ und die des Dens $49,33 \text{ mm}^2$.

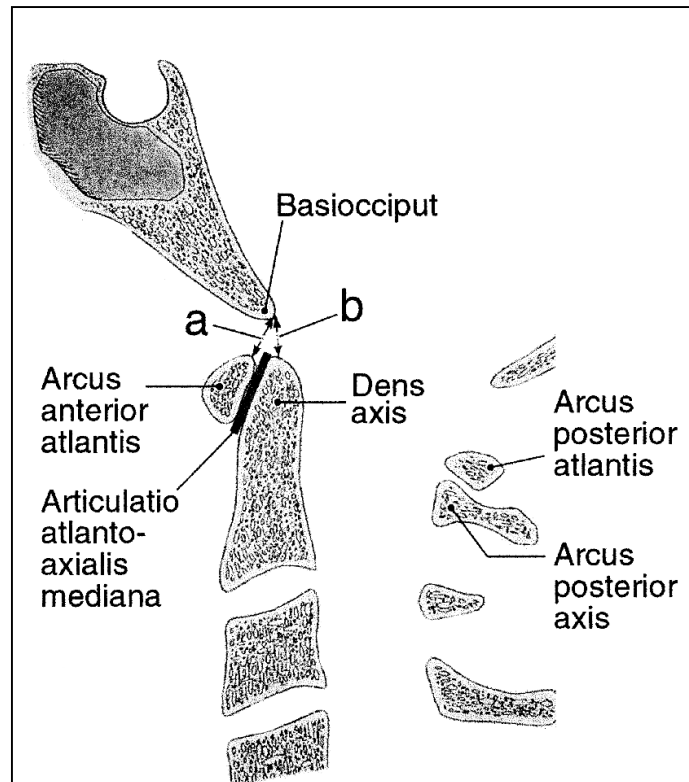


Abb. 2 Skizze des atlanto-occipitalen Übergangs in der Sagittalebene

Die MRT- und CT-Aufnahmen der 26 makroskopisch unveränderten Kopf-Hals-Präparate zeigten, dass die Form des Clivus, die Margines superior et inferior des Arcus anterior des Atlas und die Form des Dens axis sowie deren Facies articulares normal waren. Der Abstand zwischen Basiocciput und der Spitze des Dens in der Medianebene betrug 8,1 bis 10,0 mm (Mittelwert: 9,1 mm) (Abb.2,b und 3) und zwischen Clivus und Margo superior des Arcus anterior atlantis 7,9 mm bis 11,1 mm (Mittelwert von 9,2 mm) (Abb.2,a und 3). Die Länge der Articulatio atlanto-axialis mediana variierte in diesen Fällen zwischen 8,6 und 14,5 mm (Mittelwert: 12,2 mm).

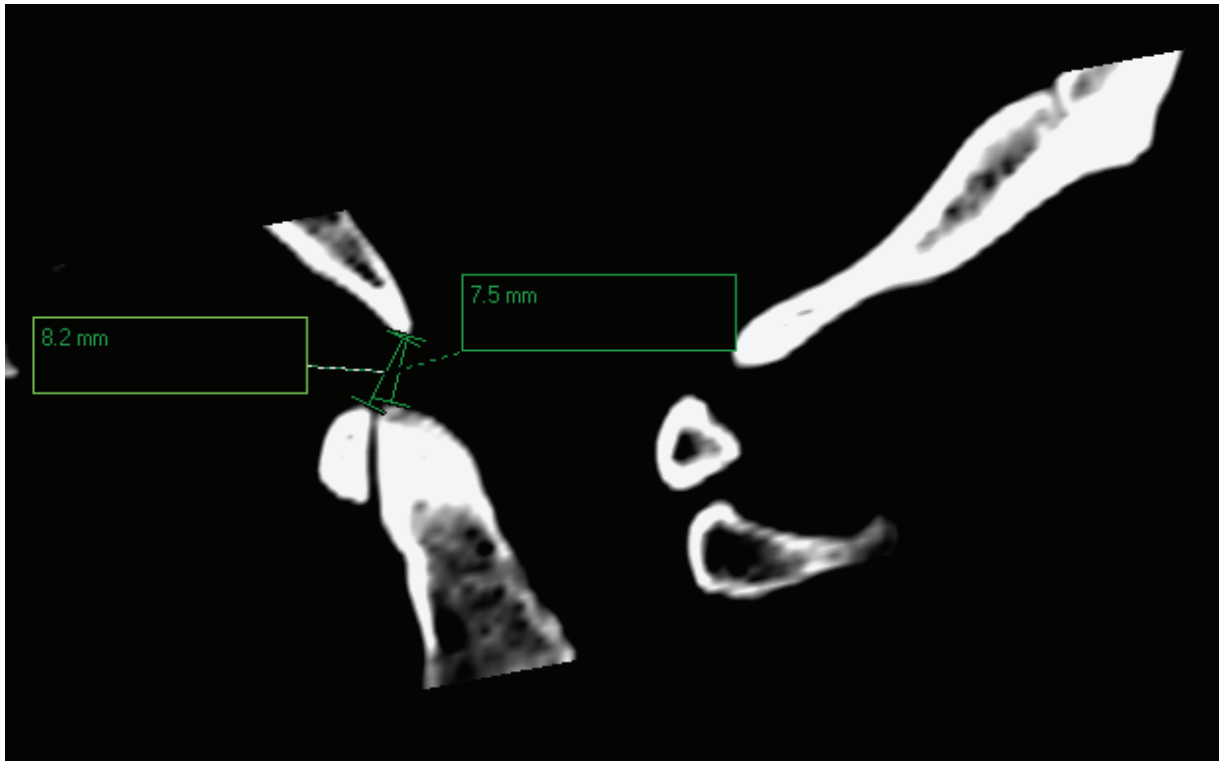


Abb. 3 Computertomographie des kranio-zervikalen Überganges in der medianen Sagittalebene.

CT-gesteuerte Messung des Abstandes zwischen Basiokziput und Atlas bzw. Axis

(Präparat des Tygerberg Hospital in Stellenbosch/Südafrika).

Histologisch enthielt das Spatium cranio-cervicale anterius lockeres Binde- und Fettgewebe, zahlreiche weite, dünnwandige Venen und einige dickwandige venöse Sinus sowie ein paar verstreut liegende, kleine Arterien. Dichtes, straffes, parallelfaseriges Bindegewebe entsprach der Membrana tectoria, dem Ligamentum apicis dentis sowie dem Ligamentum transversum atlantis.

Tabelle der Messwerte

Normale Befunde an Trockenpräparaten von Atlas (N=15) und Axis (N=6) und an medianen Sägeschnitten der Kopf-Hals-Region (N=26)

Gelenkflächengrösse: Atlas 46,53 mm² Dens axis 49,33 mm²

Abstand zwischen Basiokziput und Spitze des Dens axis 8,1 -10,0 mm,
Mittelwert 9,1 mm

Abstand zwischen Basiokziput und Atlasvorderwand 7,9 – 11,1 mm,
Mittelwert 9,2 mm

Länge der Art. atlanto-axialis mediana 8,6 – 14,5 mm, Mittelwert 12,2 mm

Geringe Befunde an Trockenpräparaten von Atlas (N=19) und Axis (N=15) und an medianen Sägeschnitten der Kopf-Hals-Region (N=30)

Gelenkfläche Atlas 88,83 mm², Dens axis 79,39 mm²

Länge der Art. atlanto-axialis mediana im Mittel 17,0 mm

Mittelgradige Befunde an Trockenpräparaten von Atlas (N=8) und Axis (N=6) und an medianen Sägeschnitten der Kopf-Hals-Region (N=28)

Gelenkfläche Atlas 88,83 mm², Dens axis 79,39 mm²

Länge der Art. atlanto-axialis mediana im Mittel 19 mm

Schwergradige Befunde an Trockenpräparaten von Atlas (N=13) und Axis (N=7) und an medianen Sägeschnitten der Kopf-Hals-Region (N=15)

Gelenkfläche Atlas 161,77 mm², Dens axis 117,74 mm²

Länge der Art. atlanto-axialis mediana im Mittel 20,9 mm

Osteoarthrotisch veränderte Präparate

Die Facies articularis mediana der Trockenpräparate des Atlas (N = 41) und des Axis (N = 27) und von 73 der 99 Feuchtpräparate bzw. MRT und CT-Aufnahmen zeigten Veränderungen, die auf eine Osteoarthrose (angloamer. Osteoarthritis) (OA) zurückzuführen waren. Diese waren durch marginal vergrößerte Gelenkflächen und Exophyten- bzw. Osteophytenbildung gekennzeichnet. Die Osteophytenbildungen führten zu einer signifikanten axialen Verlängerung der Articulatio atlanto-axialis in der Medianebene, zu einer Verringerung des Abstandes zwischen Basiocciput und Atlas/Axis und gelegentlich zur Ausbildung einer knöchernen Kontaktzone zum Basiocciput.

Der Schweregrad der OA korrespondierte mit den vergrößerten medianen Gelenkflächen und dem Vorkommen von kleinen, mittelgroßen und großen Osteophyten.

Ein Teil der Präparate mit einem im MRT und CT nachgewiesenen Condylus occipitalis tertius (TOC) (N = 5) zeigte ebenfalls eine knöcherne Kontaktzone zwischen Basiocciput und Atlas oder Dens oder beiden Knochen zugleich (s.u.).

Ein anderer Teil dieser Präparate wies anhand der MRT- und CT-Aufnahmen ein großes rundliches Corpus librum im Spatium craniocervicale anterius auf (N=4). Dieses Corpus librum wurde ein isolierter TOC bezeichnet. Ein kleineres Ossikel direkt an der Spitze des Dens axis wurde als Ossiculum terminale persistens Bergmann interpretiert (N=6). Ein mehr oder weniger sich isoliert darstellender Ossikel am Hinterrand des Foramen magnum wurde als Kerckring'scher Ossikel identifiziert.

Präparate der Kategorie 1 mit kleinen Osteophyten (Trockenpräparate des Atlas N = 19 und des Dens N = 15; Sägeschnitte N = 30)

Jedes Präparat dieser Kategorie zeigte kleine osteophytäre Spiculae am Margo superior, gelegentlich am Margo inferior des Arcus anterior des Atlas und/oder an der Densspitze (s. Abb. 4, 5 und 6).



Abb. 4 Seitenansicht zweier Axispräparate: der Dens zeigt jeweils einen „crown“-Exophyten.



Abb. 5 Ventralansicht von Atlas und Axis- Trockenpräparaten (79 jähriger schwarzer Südafrikaner): ausgeprägte Exophyten des Arcus anterior atlantis und der Densspitze (Atlaskulisse, peridontale Aureole)

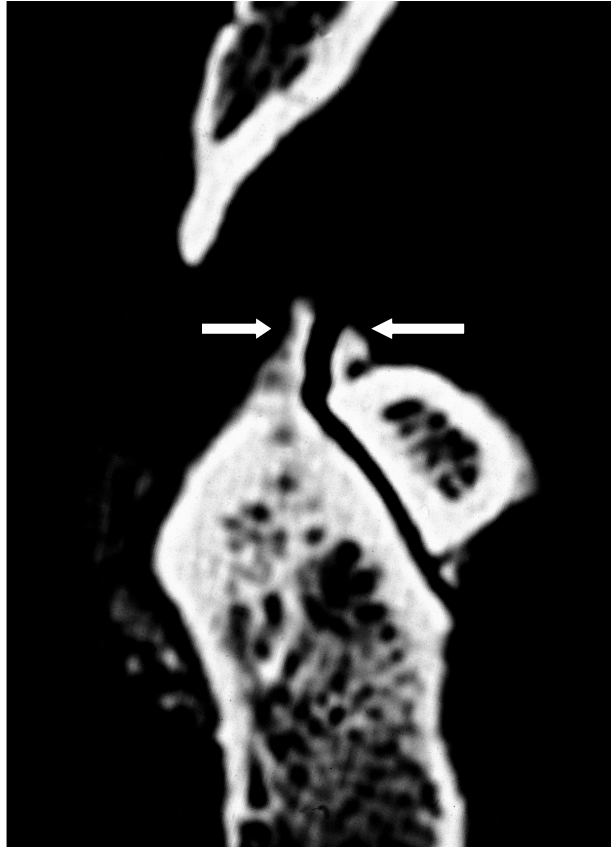


Abb. 6 Sagittale CT-Aufnahme mit einem „crown“-Exophyten der Densspitze (linker Pfeil) und „coulisse“-Exophyten auf dem Atlasbogen (rechter Pfeil)

Es stellte sich heraus, dass diese Osteophyten die axiale Länge der Gelenkhöhle geringgradig vergrößerten. Die durchschnittliche Länge dieser Gelenke betrug 17 mm. Die durchschnittliche Größe dieser Gelenkflächen der Trockenpräparate dieser Atlanten war $88,83 \text{ mm}^2$ und der Dentes $79,39 \text{ mm}^2$.

Präparate der Kategorie 2 mit mittelgroßen Osteophyten (Trockenpräparate des Atlas N = 6 und des Dens N = 6; Sägeschnitte N = 28)



Abb. 7 Atlas mit mittelgradiger Vergrößerung der medianen Gelenkfläche.

Präparate dieser Kategorie zeigten mittelgroße Osteophyten, die hauptsächlich am Margo superior des Arcus anterior atlantis (s. Abb. 7) lokalisiert waren, in wenigen Fällen auch am Margo inferior. An den Feuchtpräparaten war die Gelenkhöhle durch die Osteophytenbildung, aber auch durch ausgeprägte Aussackungen der Kapsel, Recessus articulares, axial verlängert.

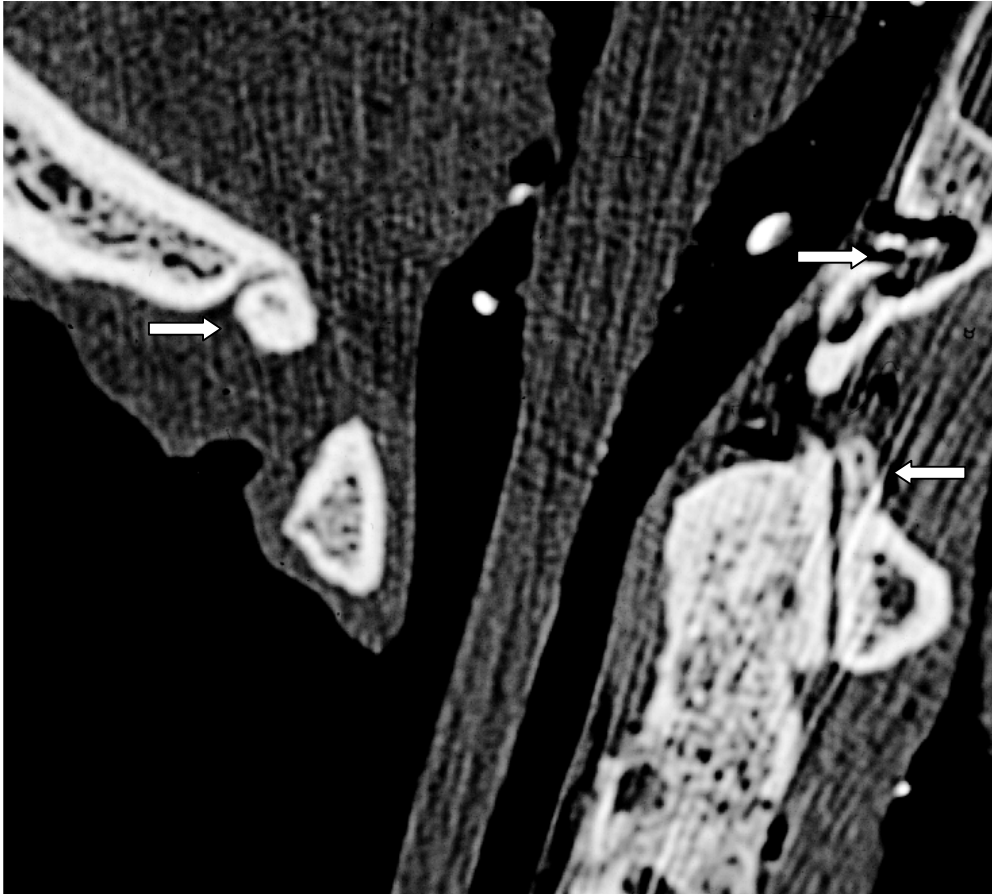


Abb. 8 Sagittale CT-Aufnahme mit mäßiggradiger OA an Atlas und Axis (rechter Pfeil). Zusätzlich befindet sich am Clivus ein intraossärer Sinus (oberer Pfeil) und ein Kerckring'scher Ossikel am hinteren Rand des Foramen magnum (Pfeil links).

Die makroskopische Untersuchung ergab, dass die der Gelenkhöhle zugewandte Fläche jedes Osteophyten mit hyalinem Knorpel überzogen war. Die axiale Ausdehnung der Gelenkhöhle war dadurch vergrößert. Ihre durchschnittliche Länge betrug 19 mm.

Das Vorhandensein von größeren Osteophyten reduzierte den Abstand zwischen Basiocciput und Arcus anterior des Atlas signifikant. Das lockere Bindegewebe zwischen Basiocciput und Arcus anterior des Atlas enthielt zahlreiche große Venen, die gelegentlich intraossär verliefen (s. Abb. 8). Die durchschnittliche Größe der Gelenkflächen der Trockenpräparate dieser Atlanten war 115,53 mm² und der Dentes axis 88,05 mm².

Präparate der Kategorie 3 mit großen Osteophyten (Trockenpräparate des Atlas N = 13 und des Dens N =7; Sägeschnitte N =15)



Abb. 9 Atlas mit schwergradiger Vergrößerung der medianen Gelenkfläche.

Jedes der Präparate dieser Kategorie zeigte große, lange Osteophyten, die hauptsächlich am Margo superior des Arcus anterior atlantis (s. Abb. 9 und 11) lokalisiert waren, aber korrespondierend auch an der Densspitze (s. Abb. 10 und 11) zu finden waren.



Abb. 10 Ventralansicht des Axis (61 jähriger farbiger Südafrikaner). Sehr großer Exophyt der Densspitze, so genannter gekrönter Dens oder crowned odontoid.



Abb. 11 Sagittale CT-Aufnahme mit Bildung von langen Osteophyten am vorderen Atlasbogen und an der Densspitze.

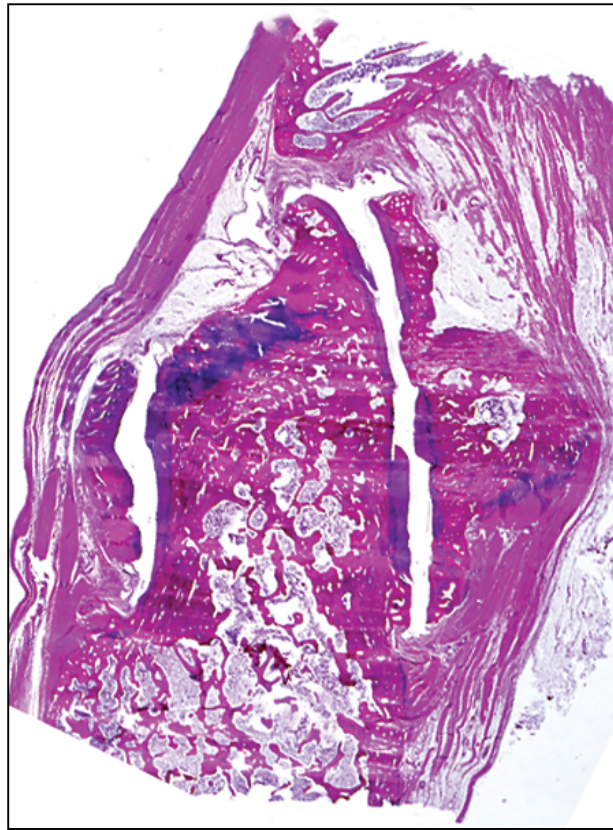


Abb. 12 Histologie eines medianen Sagittalschnittes mit ausgeprägter Osteophytenbildung am oberen und unteren Rand des vorderen Atlasbogens (im Bild rechts) und an der Densspitze. Durch die Exophyten wird die mediane Art. atlanto-axialis erheblich verlängert. Im Bild oben das Basiokziput, im Bild links der Querschnitt des Lig. transversum atlantis und der Membrana tectoria (Paraffineinbettung, HE-Färbung).

Dieser Schnitt korrespondiert mit dem CT-Bild der Abb. 11

In vier Fällen war ein außergewöhnlich großer Osteophyt („giant“ Osteophyt) am vorderen Atlasbogen entstanden, der damit eine großflächige knöcherne Kontaktzone mit der Unterseite des Clivus bzw. dem vorderen Rand des Foramen magnum ausbildete (Abb. 13, 14, 15, 16).

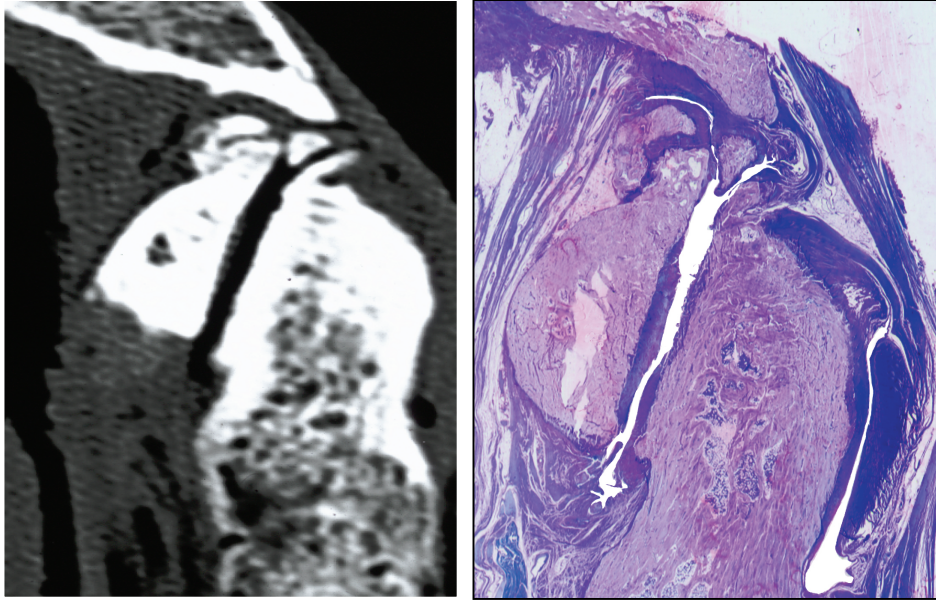


Abb. 13 Links: Median-sagittales CT mit ausgeprägten Osteophyten des Atlasbogen und der Densspitze sowie einem Corpus liberum. Rechts: Korrespondierende Histologie, die (1) ein echtes akzessorisches Gelenk zwischen Basiocciput und Atlasosteophyt zeigt und (2) ein in den oberen Bereich der Art. atlantis-occipitalis integriertes Corpus liberum (Methylmetakrylateinbettung, Giemsa-Färbung).

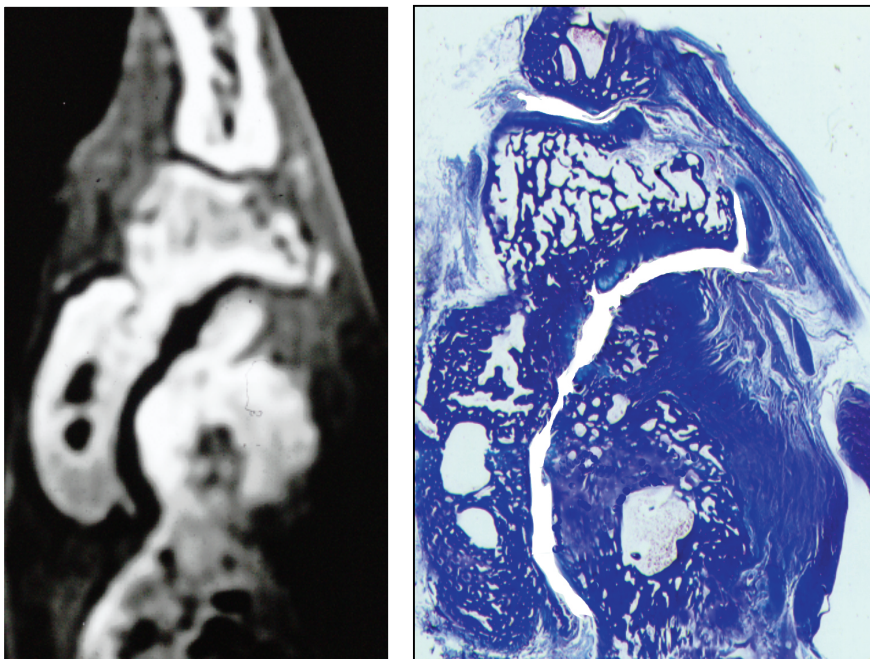


Abb. 14 Links: Median-sagittales CT mit sehr großem („giant“) Osteophyten und knöcherner Kontaktzone zwischen Basiokziput und Atlasbogen. Rechts ein Ossiculum. Rechts: Der korrespondierende Schnitt zeigt ein echtes akzessorisches atlanto-occipitales Gelenk. Ein Ossiculum terminale ist in das atlanto-axiale Gelenk integriert. (Paraffineinbettung, Alcianblaufärbung)

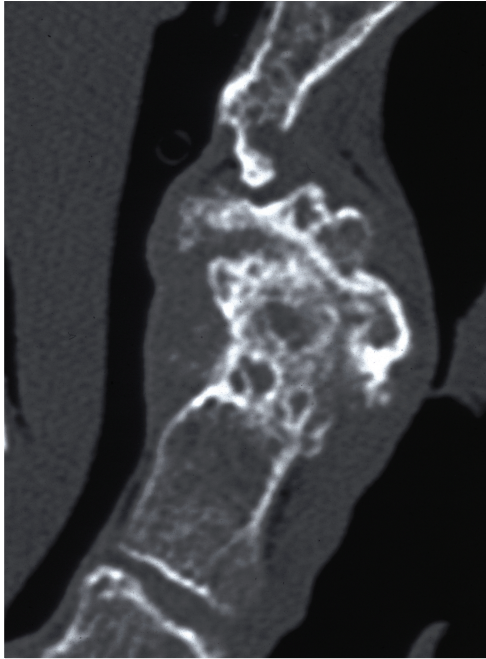


Abb. 15 Median-sagittales CT mit Bildung eines länglichen Exophyten des vorderen Atlasbogens und mehreren intraossären Geröllzysten bei M. Bechterew. Der Exophyt hat eine knöcherne Kontaktzone zum Basiokziput entwickelt.

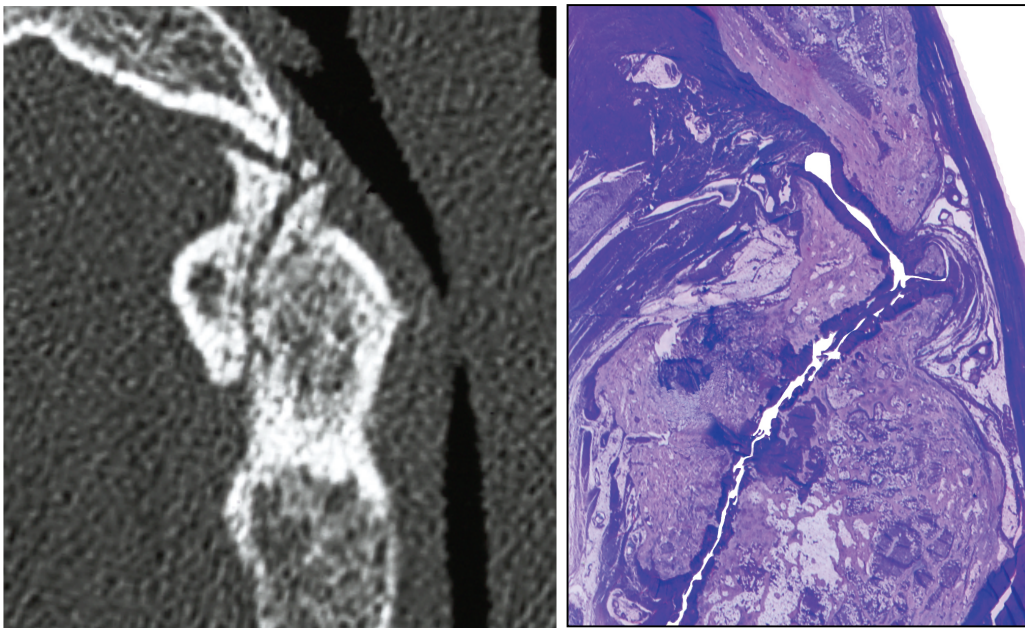
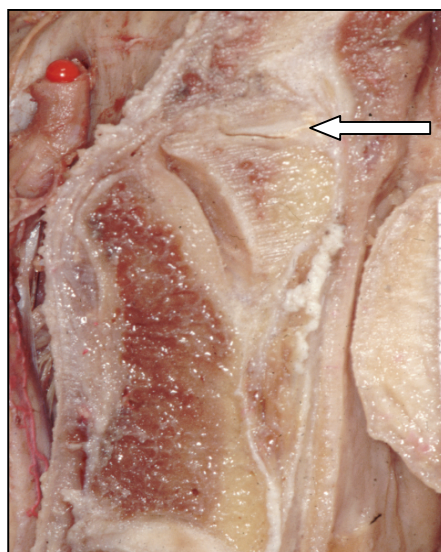


Abb. 16 Links: Median-sagittales CT, das eine knöcherne Kontaktzone eines langen Atlasbogenexophyten zum Basiokziput zeigt, außerdem an der Densspitze ein Ossiculum terminale aufweist. Rechts: Das histologische Präparat zeigt die knöcherne Kontaktzone als akzessorisches atlantookzipitales Gelenk mit Gelenkspalt, Gelenkfläche und Gelenkkapsel. Das Ossiculum terminale ist in das mediane atlanto-axiale Gelenk integriert.
(Methylmetakrylateinbettung, Semidünnschnitt, Giemsa-Färbung)

Die durchschnittliche Länge dieser Gelenke betrug 20,9 mm. Die durchschnittliche Größe der Gelenkflächen der Trockenpräparate dieser Atlanten war 161,77 mm² und der Dentes axis 117,74 mm².

Histologie

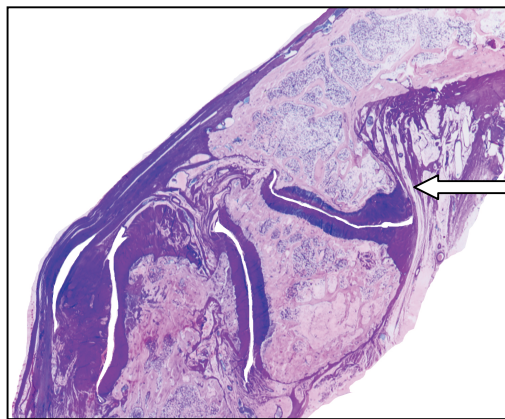
Die feingewebliche Untersuchung des vorderen kraniozervikalen Überganges zeigte die *Articulatio atlanto-occipitalis mediana* in vielen Fällen mit einem gleichförmig hyalinen Knorpelüberzug der Gelenkflächen und in anderen Fällen mit unterschiedlich ausgeprägten morphologischen Zeichen einer AO: (1) Ulzerationen des hyalinen Gelenkknorpels, (2) freiliegender subchondraler Knochen, (3) intraossäre Pseudozysten, gefüllt mit knöchernem Detritus, so genannte Geröllzysten, (4) Herde von verdichteten Knochenbälkchen, so genannte Osteosklerose, (5) herdförmige Markfibrose und (6) ungleich große Exophyten, die gelenkwärts einen Knorpelüberzug aufwiesen und die vom subchondralen Knochen ausgingen. Die Osteophyten selbst enthielten regelmäßig strukturierte knöcherne Trabekel und ein fettzellreiches blutbildendes Markgewebe. Auch fanden sich gelegentlich meniskoide Strukturen in der Höhle der *Articulatio atlanto-axialis mediana*.



(a)



(b)



(c)

Abb. 17 a,b,c Median-sagittaler Sägeschnitt mit Condylus tertius am vorderen Rand des Foramen magnum (Pfeilmarkierung).

Der Sägeschnitt (a) und das korrespondierende CT-Bild (b) zeigen knöcherne Kontaktzonen zwischen einem Atlasbogenosteophyten und dem Basiokziput bzw. Condylus tertius (c). Der histologische Schnitt zeigt ein akzessorisches atlanto-okzipitales Gelenk mit allen Zeichen eines echten Gelenkes. (Methylmetakrylateinbettung, Semidünnschnitt, Giemsa-Färbung)

Ein paar Osteophyten waren abgebrochen (wahrscheinlich als Folge postmortaler Einwirkung wie Umlagerung) und erschienen im MRT und CT als „freie“ Ossikel mit scharfen, schneidenden Kanten (N = 5).

Die Histologie des vorderen kranio-zervikalen Überganges mit den akzessorischen knöchernen Kontaktzonen zwischen Atlas bzw. Densspitze und Basiokziput bei Vorliegen von „Riesen“-Osteophyten und der Fälle knöcherner Kontaktzonen

zwischen TOC und Atlas zeigte, dass die Kontaktzonen jeweils einem akzessorischem Gelenk mit hyalinem Knorpel der Gelenkflächen entsprechen.

In den Fällen mit isoliertem TOC (großes Corpus librum) zeigte es sich, dass jenes von ein oder zwei Seiten mit hyalinem Knorpel überzogen war und damit sowohl in das alte wie in das „neue“ akzessorische Gelenk mit einbezogen war (Abb. 17a,b,c).

Vaskuläre, metabolische und neoplastische Besonderheiten im Bereich des kranio-zervikalen Überganges

Vaskuläre Besonderheiten: Intraossärer Verlauf eines venösen Sinus (N = 2).

CT- und Sägeschnittbilder zeigten zwei Fälle mit einem scharf begrenzten Defekt im okzipitalen Abschnitt des Clivus. Ein derartiger Defekt lässt sich durch den intraossären Verlauf eines venösen Sinus erklären, in diesem Fall eines Sinus venosus occipitalis (Abb. 18a,b).

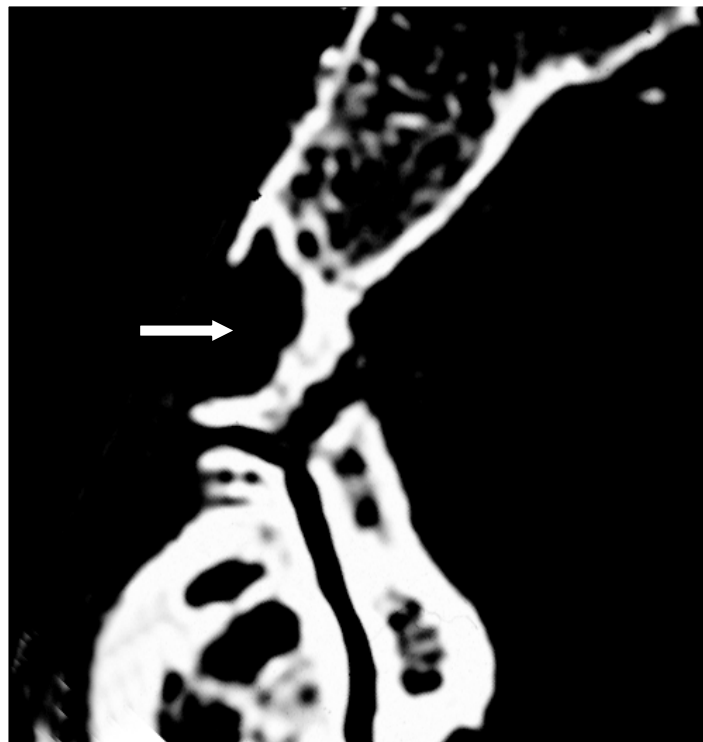


Abb. 18a Median-sagittales CT mit scharfrandigem Defekt des Basiokzipit (Pfeilmarkierung); der Befund entspricht dem intraossären Verlauf eines venösen Sinus occipitalis.



Abb. 18b Median-sagittales CT mit scharfrandigem Defekt des hinteren Basiokzipit (Pfeilmarkierung); der Befund spricht für einen intraossären Verlauf eines venösen Sinus occipitalis.

Metabolische Störung: knorpelige, ligamentöse und intraossäre Manifestationen von Kalziumpyrophosphatarthropathie – der so genannten Pseudogicht (N = 3).

In zwei Fällen ergaben CT-Aufnahmen eine mäßiggradige OA sowie eine auffällige zystische Transformation von Knorpel- und Knochengewebe des Arcus anterior atlantis und des Dens axis. Histologisch zeigten sich zahlreich verstreut liegende Depots aus Kalziumpyrophosphatkristallen in zystischen Erweiterungen des Atlas, Dens axis, Ligamentum apicis dentis, Ligamentum transversum atlantis und der Membrana tectoria.

In vielen sogenannten Geröllzysten des Atlasbogens sowie des Dens axis waren zugleich multiple Herde von Osteonekrose und Knochenresorption mit auffälliger Osteoklastenaktivität. Die Randbereiche der Osteonekrosen zeigten dagegen neue Knochenbälkchen mit lebhafter Osteoblastentätigkeit. Im hyalinen Knorpel waren multiple Chondrolysegebiete mit zahlreichen Herden kristalliner Strukturen erkennbar, die im polarisierenden Licht als Kalziumpyrophosphatdihydrat-

Kristallablagerungen aufleuchteten. In den kranialen und kaudalen Recessus articulares fand sich gleichzeitig eine moderate, chronische Entzündung der verdichteten Synovia mit zahlreichen Lymphozyten, Makrophagen und Fibroblasten (Abb. 19a,b,c).

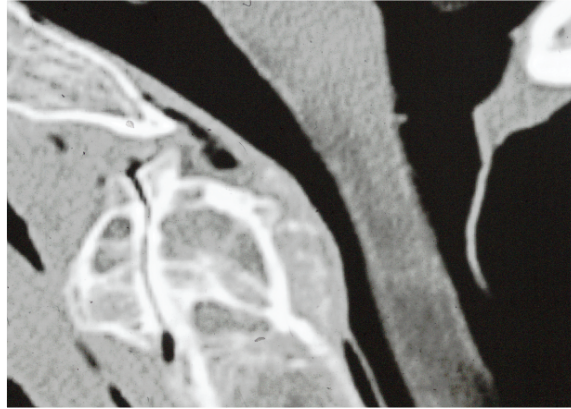


Abb. 19a Median-sagittales CT mit mittelgroßen Osteophyten des Atlasbogens und der Densspitze. Das Knochengewebe ist durch verschieden große zystische Auflockerungen charakterisiert.

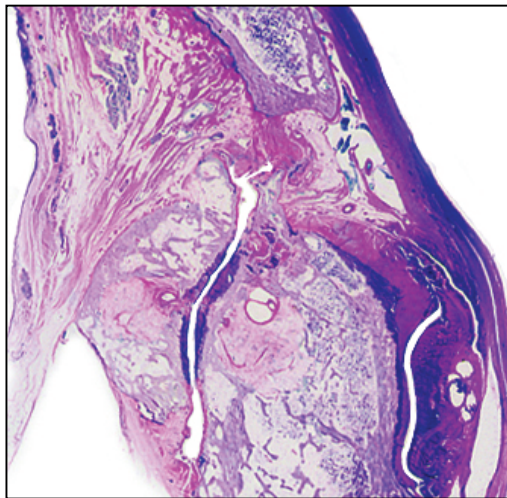


Abb. 19b korrespondierendes Schnittpräparat mit einigen intraossären und intraligamentären Zysten erkennbar (Methylmetakrylateinbettung, Semidünnschnitt, Giemsa-Färbung).

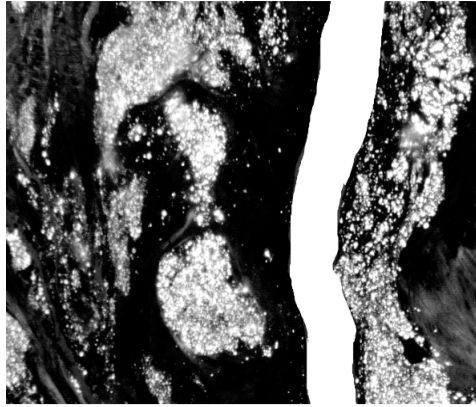


Abb. 19c Die Gelenknorpel zeigen im polarisierten Licht diffuse Niederschläge und Herde von Kalziumpyrophosphatkristallen

Metastasen im Bereich des kraniozervikalen Überganges (N=1) und intraossäre Infiltrate eine chronisch lymphatischen Leukämie (N =1)

Ein Patient hatte in Clivus und Dens axis bis erbsgroße unscharf begrenzte Knochendefekte, die osteolytischen Metastasen entsprechen dürften. Bei einem anderen Patienten war das Knochenmark des okzipitalen Clivus, der Arcus anterior atlantis und der Dens axis durch multiple Infiltrate aus – wie das feingewebliche Bild ergab - unreifen Lymphozyten durchsetzt. Das periartikuläre Bindegewebe der Articulatio atlanto-axialis mediana und das Lymphgewebe der Tonsilla pharyngea waren ebenfalls von zahlreichen Rundzellen der gleichen Art infiltriert (Abb. 20).



Abb. 20 Median-sagittales CT mit (pfeilmarkierten) unscharf begrenzten Defekten im distalen Clivus und Axiskörper, die wohl osteolytischen Metastasen entsprechen dürften.

Condylus occipitalis tertius (third occipital condyle = TOC) – Partner von akzessorischen Gelenken im kraniozervikalen Übergang.

In drei Fällen fand sich makroskopisch in den CT, MRT und medianen Sägeschnittbildern und histologisch ein Condylus occipitalis tertius, der jeweils eine knöcherne Kontaktzone mit dem vorderen Atlasbogen und/oder mit der Spitze des Dens axis aufwies und an der Bildung eines akzessorischen atlanto-okzipitalen und atlanto-axialen Gelenkes in der Medianebene beteiligt war (Abb. 21).

Fixierter TOC (N=3)

Drei Feuchtpräparate (N=3) zeigten einen feststehenden (fixierten) TOC als jeweils einen knöchernen Zapfen von etwa 4 mm Breite und 6-7 mm Länge am Vorderrand des Foramen magnum. Diese Stelle entspricht dem anthropologischen Messpunkt „Basiocciput“. Ein TOC wurde auch in einem Fall der Sammlung des Anatomischen Instituts der Nippon Dental Universität, School of Dentistry at Niigata, Niigata, Japan und ein weiterer in der Sammlung des Anatomischen Instituts der Universität

Innsbruck, Innsbruck, Österreich gefunden. Die beiden Sammlungen erhielten jeweils etwa einhundert gut erhaltene, unversehrte mazerierte Schädelpräparate.

Die TOCs dieser Schädel waren jeweils mit einer glatten oberflächlichen Facette mit Gelenkflächencharakter versehen.

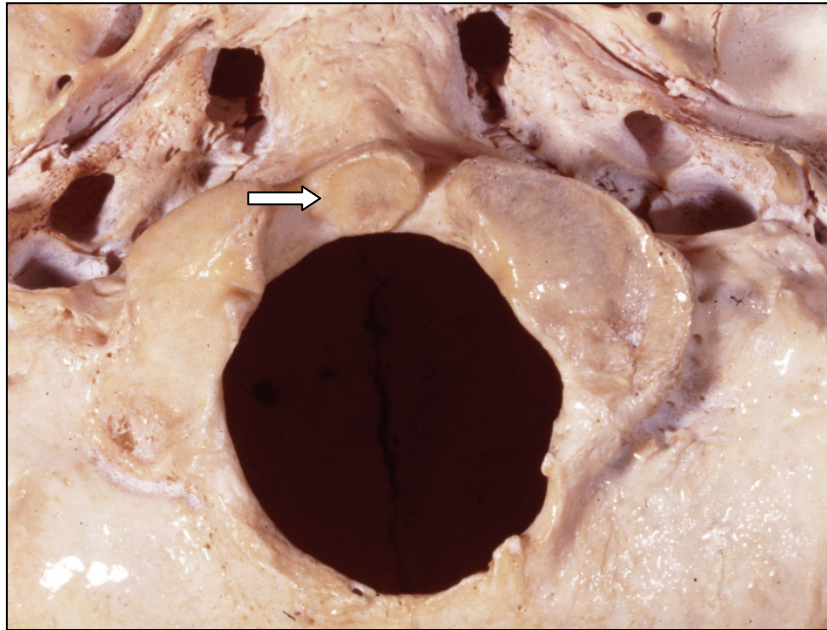


Abb. 21 Schädelpräparat (Anat. Inst. der Univ. Innsbruck); Ansicht des Foramen magnum von außen; zwischen den Condylis befindet sich vorne ein Knochenzapfen von etwa 5x5 mm Größe, der eine nach dorsal abgeschrägte platte Fläche (Facette) von Gelenkflächencharakter aufweist: ein Condylus occipitalis tertius.

Histologische Untersuchungen an Medianschnitten mit der Knochenkontaktzone zwischen TOC und dem Arcus anterior atlantis oder dem Apex des Dens axis ergaben, dass die Oberfläche des TOC und seine Kontaktzonen mit dem Atlas und/oder dem Dens axis mit hyalinem Knorpel bedeckt waren (Abb. 17a,b,c).

Nichtfixierter TOC (N=5) und Ossiculum terminale persistens (N=5)

10 Fälle zeigten jeweils einzelne, nicht fixierte „freie“ rundliche Knochenstücke von 1 bis 8 mm im Durchmesser. Jedes dieser Ossikel lag im Raum zwischen Arcus anterior atlantis und Okziput an der Densspitze bzw. in der kranialen Erweiterung der Articulatio atlanto-axialis mediana. Feingeweblich zeigte sich, dass ein Ossikel dieser Art regelmäßig auf mehr als einer Seite mit hyalinem Knorpel bedeckt war und dadurch in die Articulatio atlanto-axialis mediana einbezogen war (Abb. 22, 23).



Abb. 22 Ein großes Ossiculum terminale Bergmann, wobei differentialdiagnostisch in diesem Fall auch ein Os odontoideum vorliegen könnte.

Die Differentialdiagnose zwischen einem „freien“, nicht fixierten TOC und einem größerem Ossiculum terminale persistens erwies sich in Einzelfällen als schwierig.

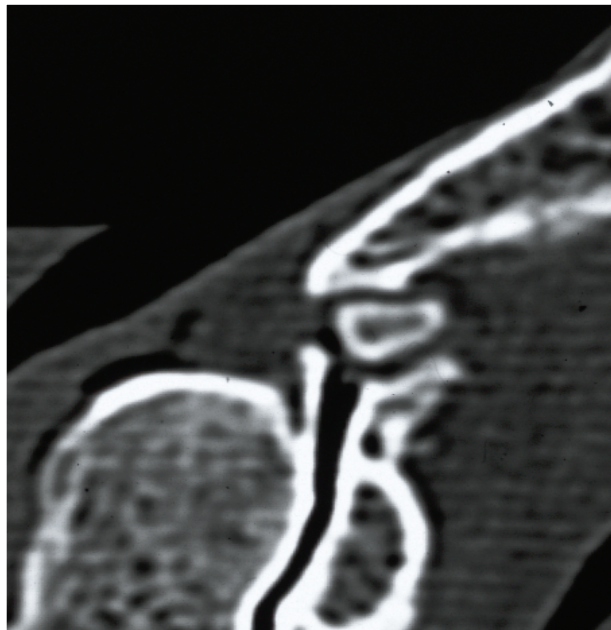


Abb. 23 Median-sagittales CT: zwischen Osteophyten des vorderen Atlasbogens und der Densspitze sowie dem Basiokziput findet sich ein großes knöchernes Corpus liberum mit abgerundeten Kanten, mit Wahrscheinlichkeit ein freier TOC.

Hintere freie Ossikel (N=4)

Ein einzelner mittelständiger runder Ossikel von etwa 5 mm Durchmesser, am Margo posterior des Foramen magnum, wurde als Kerckring'scher Ossikel erkannt. Auch hier bestand eine knöcherner Kontaktzone zum Os occipitale, die jedoch nicht histologisch untersucht werden konnte (Abb. 24, 25).

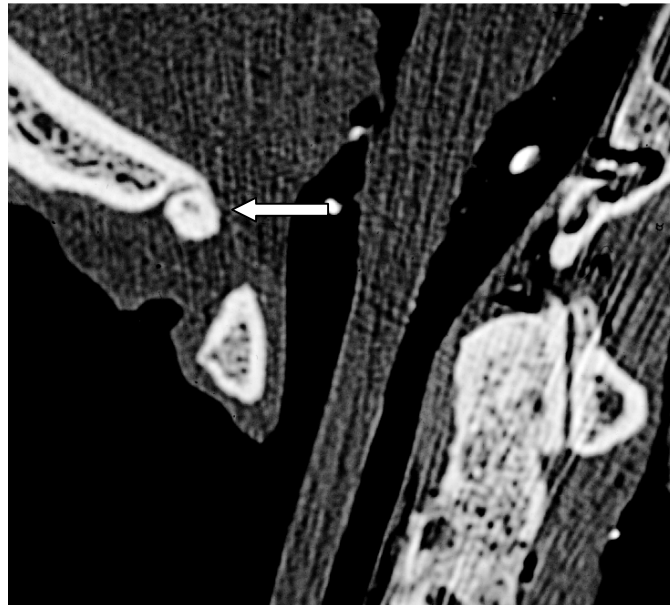


Abb. 24 Median-sagittales CT mit Corpus librum Kerckring am posterioren Rand des Foramen magnum mit Kontaktzone zur Squama ossis occipitalis. (Pfeilmarkierung)



Abb. 25 Median-sagittales CT mit Corpus librum Kerckring mit knöcherner Kontaktzone zum hinteren Rand des Foramen magnum. (Pfeilmarkierung)

„Gemischter“ Fall bei gleichzeitigem Vorliegen einer Osteoarthrose und einem Condylus occipitalis tertius

In einem Fall fand sich ein akzessorisches Gelenk zwischen Atlas, Axis und Basiokziput bei gleichzeitiger Bildung von Exophyten im Rahmen einer OA der Art. atlanto-occipitalis mediana und Vorhandensein eines Condylus occipitalis tertius (Abb.26).

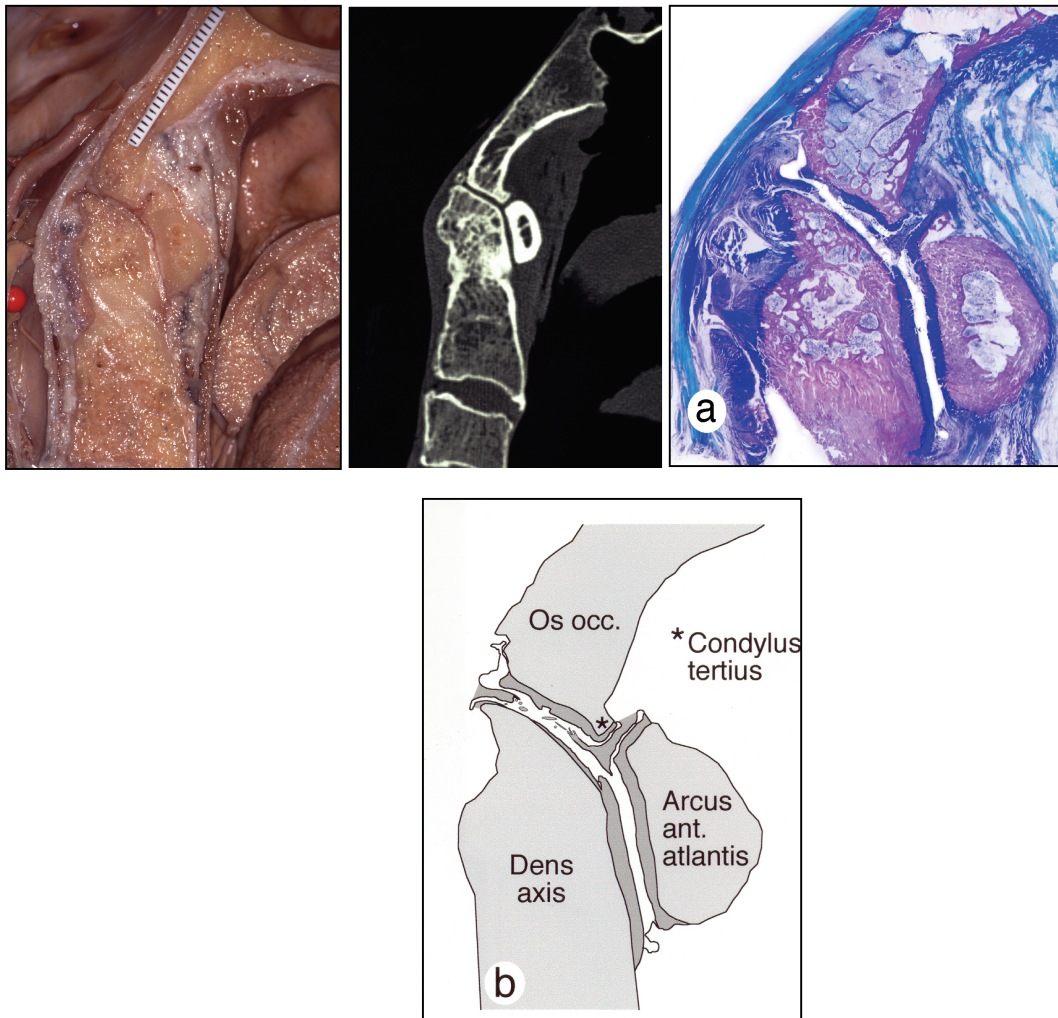


Abb. 26 Mediansagittalschnitt (Makroskopie, CT, Histologie eines Giemsa gefärbten Semidünnschnittes und Skizze) mit TOC (* in der Skizze) und Berührungszonen zwischen Basiocciput, Atlas und Axis. Es sind zwei akzessorische Gelenkkammern der Art. atlanto-axialis mediana erkennbar: (1) eine atlanto-okzipitale und (2) eine okzipito-axiale Kammer. An der Densspitze liegt ein kleines Ossiculum terminale. Wegen des gleichzeitigen Vorkommens eines Osteophyten an der Densspitze handelt es sich hier um einen „gemischten“ Fall.

Diskussion

Grenzen und Kritik der Meßmethoden

Die Messungen der Abstände zwischen Basiokziput und Atlas bzw. Dens axis in der Medianebene und der Länge der *Articulatio atlanto-axialis mediana* - an Kopf-Hals-Präparaten durchgeführt - haben nur einen relativen Wert. Die Ergebnisse können nicht verglichen werden mit Messwerten von noch lebenden erwachsenen Individuen bzw. Patienten. Offensichtlich sind viele Bänder und Membranen am atlanto-okzipitalen Übergang der Leichenfeuchtpräparate überdehnt, da die Messergebnisse eher hoch waren und bei Klinikern mit Instabilität gleichgesetzt werden. Dennoch ist hervorzuheben, dass sich die Abstände zwischen Okziput und Atlas mit zunehmendem Alter bis zur gelegentlichen Bildung von knöchernen Kontaktzonen zwischen Okziput und Arcus anterior des Atlas verkürzen. Diese Kontaktzonen wurde schon von Lang (1995) und Prescher (1997) beschrieben.

Zusätzliche akzessorische Gelenke im Bereich des vorderen kraniozervikalen Übergangs

Der vorliegenden Untersuchung des vorderen kraniozervikalen Überganges lag eine große Zahl von Leichen zugrunde. Dabei kamen bildgebende Verfahren wie MRT und CT, mediane Sägeschnitte der tiefgefrorenen Kopf-Halspräparate und histologische Techniken zum Einsatz. Ferner wurden gut erhaltene Schädel, Atlas- und Axisknochen untersucht und deren Gelenkflächen vermessen. Das Ziel der Studie war die Zuordnung der vielen knöchernen Eigenheiten im Raum zwischen Okziput und Atlas bzw. Dens und deren Gelenkflächen in der Medianebene.

Unsere Ergebnisse ließen sich in zwei Gruppen einteilen, (1) der Gruppe mit erworbenen Auffälligkeiten, vorwiegend bedingt durch Osteoarthrose der *Art. atlanto-axialis mediana* und (2) die Gruppe mit angeborenen Residuen vom ProAtlas und der hypochordalen Spange, nämlich dem *Condylus occipitalis tertius* und den freien Ossikeln zwischen Basiokziput und vorderem Atlasbogen bzw. Dens axis.

Die oben beschriebenen erworbenen und kongenital entwickelten Gelenke sind - nach unserem Wissensstand - histologisch noch nicht untersucht und identifiziert worden.

Osteoarthrose (angloamerikanisch: Osteoarthritis) (OA)

Osteoarthrosebedingte Veränderungen an den Gelenkflächen der Art. atlanto-axialis mediana wurde in zwei Dritteln der Leichenfeuchtpräparate und Trockenpräparate gefunden. Diese Zahl stimmt gut mit den Ergebnissen von Orthopäden, Radiologen und Pathologen (Fischer und Schmidt 1969, Aufdermauer 1979 und Morizono et al. 1987) überein.

OA ist eine degenerative und entzündliche Gelenkerkrankung des höheren Lebensalters (Sager 1969). Die OA befällt vorwiegend die großen Gelenke wie Hüft- und Kniegelenke, aber auch gerne kleinere Gelenke wie die Intervertebralgelenke (Articulationes zygapophyseales) (Skaane und Klott 1981, Prescher, Brors, Adam 1996 sowie Prescher, Brors 1998 und Prescher, Tillmann 1994).

Jedoch ist wenig über die OA in der Articulatio atlanto-axialis mediana bekannt. Trotz des häufigen Auftretens dieser Krankheit stellten sie Radiologen in früheren Jahrzehnten nur selten anhand von Röntgenbildern fest, da die Übereinanderlagerung knöcherner Strukturen die eindeutige Darstellung feinerer Strukturen am kraniozervikalen Übergang verhindert hat. CT-Untersuchungen könnten genauere Bilder der Knochenstrukturen liefern; es ist jedoch aus technischen Gründen nicht möglich, direkte Bilder in der medianen Sagittalebene anzufertigen. Das hochauflösende Dünnschicht-CT (HRCT) mit 3D-Rekonstruktion könnte allerdings dazu beitragen, osteologische Besonderheiten in dieser Region aufzudecken (Silberberg 1977, Genez 1991).

Nach Silberberg (1977), Skaane und Klott (1981), Zapletal et al. (1996, 1997) und Prescher (1996, 1998) ist ein oft auftretendes Merkmal der OA die signifikante Ausdehnung und Vergrößerung der jeweiligen Gelenkflächen durch knöcherne Randaufbauten bzw. Osteophyten. Prescher (1996, 1998) beschrieb im Detail die Knochenanbauten an den Rändern der Gelenkflächen des Arcus anterior und des Dens axis sowie die Entwicklung von nach kranial gerichteten Osteophyten unterschiedlicher Größe und Form. Prescher (1996, 1998) sowie Prescher und Brors (1998) nannten einen großen nach oben gerichteten Osteophyten des Atlas und der Spitze des Dens „coulisse“, „crown“ oder „peridental aureole“ (s. Abb. 10).

In unserer Arbeit wurden die Befunde an Atlas und Axis semiquantitativ in vier Kategorien unterteilt:

1. Gelenkflächen ohne Veränderungen oder 2. mit geringen, 3. mäßiggradigen und 4. schwergradigen OA-abhängigen Veränderungen.

Einige Fälle mit jeweils einem starken und langen Osteophyten am vorderen Atlasbogen wiesen eine Knochenkontaktzone zum Basiocciput auf und bildeten ein echtes akzessorisches Gelenk aus. Diese neugeformten Gelenkflächen waren, wie die feingeweblichen Untersuchungen zeigten, mit hyalinem Knorpel überzogen (s. Abb. 16).

Ein Gelenk zwischen Arcus anterior atlantis, Apex dentis und Okziput wurde von Fischer und Schmidt (1969), Lang (1995) sowie Prescher und Brors (1998) wegen glatter Schlifffläche (Facetten) an den Osteophyten (s. Abb. 4 und 5) für möglich gehalten, aber es wurde weder bei ihnen noch anderen Autoren histologisch bestätigt und nachgewiesen.

Koinzidenz von OA und metabolischen Störungen

Bei zwei Fällen war die OA der Art. atlanto-axialis mediana mit einer chondro- und osteolytischen Chondrokalzinose (Pseudogicht) vergesellschaftet. Dabei konnten kristalline Kalziumpyrophosphatablagerungen im Gewebe des Arcus anterior und Dens axis, im Knorpelgewebe der Facies articularis der Articulatio atlanto-axialis mediana und im Ligamentum transversum atlantis im polarisierten Licht nachgewiesen werden (s. Abb. 19a, b und c).

Das Auftreten einer Chondrokalzinose (nach Ellman und Levin 1975 und Sokoloff und Varma 1988 in ca. 25% der älteren Bevölkerung) ist durch zahlreiche kristalline Ablagerungen (Agglomerate) von Kalziumpyrophosphat in der Synovia und im ulzerierten Knorpel von entzündlich veränderten Gelenken gekennzeichnet: Kalziumpyrophosphatarthropathien werden vorzugsweise in großen Gelenken wie Knie-, Hüft- und Schultergelenke (Menkes et al. 1985, Pritzker et al. 1988, Ellman und Levin 1975, Silberberg 1977, Damjanov 1990 und Herkowitz 1999) gefunden. Eine Chondrokalzinose der Articulatio atlanto-axialis mediana wurde - nach unserer Kenntnis der Literatur – noch nicht beschrieben.

Koinzidenz von OA und intraossären metastatischen Infiltraten

Bei einem Fall unseres Untersuchungsgutes waren neben einer geringgradigen OA der *Articulatio atlanto-axialis mediana* eine osteoklastische Metastase im *Clivus occipitale* und *Dens axis* vorhanden; bei einem anderen Fall fanden sich neben einer schweren Osteoarthrose in der *Articulatio atlanto-axialis mediana* ausgedehnte intraossäre Infiltrationen einer myeloischen Leukämie im *Clivus* und in den Halswirbeln (s. Abb. 20). Nach Rosai (1977), Niethard und Pfeil (2003) sind intraossäre Metastasen oder maligne Infiltrate des *Os occipitale* und des Atlas und Axis wegen des großen Proliferationsdruckes nicht selten sehr schmerzhaft und verantwortlich für eine evtl. Instabilität der Kopf-Hals-Gelenke.

Okzipitale Wirbel, hypochordale Spange und Proatlas

In der Frühphase der menschlichen Embryogenese entspricht die Grenze zwischen Kopf und Wirbelsäule der Grenze zwischen fünftem und sechstem Somiten. Die axialen Sklerotome der ersten vier bis fünf Somiten fusionieren mit der Schädelbasis und bilden schon früh das basale *Os occipitale* (Christ and Wilting 1992, Prescher 1997). Der erste Somit verschwindet in einer sehr frühen Entwicklungsphase und die nachfolgenden vier okzipitalen Somiten verschmelzen zum basalen *Os occipitale* (Macalister 1869, McRae und Barnum 1953, Müller und O'Rahilly 2003).

Der *Arcus hypochordalis* des vierten okzipitalen Sklerotoms bildet den Proatlas. Der *Arcus hypochordalis* des Atlas selbst persistiert als *Arcus anterior* des C1. Der TOC und die vielen kleinen oder großen überzähligen Ossikel sind ein Ergebnis unvollständiger Gewebsregression des hypochordalen Bogens des Proatlas (s. Abb. 22, 23, 24 und 25): die lateralen Anteile des *Arcus hypochordalis* verschwinden, aber der mediale Anteil persistiert (Meckel 1815, Kollmann 1907, Dwight 1909, Hayek 1924, Ingelmark 1947, Ahlgren und Conrad 1984, Prescher 1994, 1997).

Wir fanden Reste des Proatlas in relativ zahlreichen Fällen (N=15)

(1) an der Spitze des *Dens axis* als *Ossiculum terminale persistens* Bergmann (N=5) (s. Abb. 16)

(2) am Basiokziput als freien *Condylus occipitale tertius* (N=5) (s. Abb. 22 und 23)

(3) am Basiocciptut als fixierter Condylus occipitale tertius (N=3) (s. Abb. 21 und 26)

(4) am Hinterrand des Foramen magnum als Ossiculum librum Kerckring (N=2) (s. Abb. 24 und 25).

Condylus occipitale tertius (third occipital condyle = TOC)

Wenn im vorderen Umfange des Foramen magnum ein knöcherner Fortsatz oder ein größerer, freier, rundlicher knöcherner Körper gefunden wird, wird er als TOC bezeichnet (s. Abb. 21, 22, 23 und 26) (Le Double 1903, Oetteking 1923, Bystrow 1931, Decker et al. 1956, Habel 1965, Prasada Rao 2002). Gelegentlich zeigt solch ein in der Medianebene lokalisierter Fortsatz eine nach unten weisende glatte Facette (s. Abb. 22) (Hyrtl 1889, Kalenscher 1893, Neiss 1964, Hauser und De Stefano 1989, Lang 1995). Ein festsitzender TOC wird selten an mazerierten Schädelknochen gefunden (Taitz 2000). Hori (1925) fand 3 festsitzende TOCs bei einer Gesamtzahl von 410 Trockenschädelpräparaten. Macalister (1869) fand in 2% seiner Fälle einen TOC. Prescher, Brors, Adam (1996) zitierten Friedlowsky (1869), der in 0,5% seiner 728 untersuchten Schädelknochen einen TOC fand.

In einer Sammlung von 200 gut erhaltenen Schädelknochen (Department of Anatomy, The Nippon Dental University, Niigata, Japan) gab es nur einen typischen TOC-Fall. Ähnlich war es bei einer anderen Sammlung von 110 komplett erhaltenen Schädelknochen (Anatomisches Institut, Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich). Allerdings ist uns bewusst, dass durch eine Mazeration eventuell vorhandene „freie“, weil nicht fixierte TOCs, verloren gehen können (s. Abb. 22).

Meckel (1815) war wohl der erste, der an einem menschlichen Schädel einen größeren knöchernen Fortsatz auf dem Margo anterior des Foramen magnum beschrieb (s. Abb. 21). Später wurde dieser Condylus occipitalis tertius (TOC) genannt.

Ein TOC wurde auch gelegentlich radiologisch gesehen als ein schmales oder großes Knochenelement, das entweder fest (s. Abb. 23) verbunden war mit dem vorderen Rand des Okziput oder frei (s. Abb. 26) zwischen dem Os occipitale und dem Arcus anterior atlantis oder der Spitze des Dens axis lag. An Hand gewöhnlicher Röntgenbilder ist die zweifelsfreie Darstellung des TOC, der tief in der kraniozervikalen Übergangsregion verborgen liegt, meistens nicht möglich (Decker et

al. 1956, Schmidt 1959, Lombardi 1961, Fischer und Schmidt 1969, Wackenheim 1974, Putz 1975, Holthusen 1989).

Ein TOC muss nicht unbedingt eine knöcherner Entsprechung, einen knöchernen Partner oder eine knöcherner Kontaktzone am Atlas oder an der Spitze des Dens axis haben. Wenn aber ein knöcherner Partner oder eine knöcherner Kontaktzone vorhanden ist, bildet sich eine echte Gelenkkammer bzw. ein echtes akzessorisches Gelenk (s. Abb. 17a,b,c und 26) (von Lüdinghausen et al. 2002) zum Arcus anterior atlantis und/oder dem Apex dentis aus (Bolk 1906, Prescher 1996).

Freie Ossikel in der Medianebene des kranio-zervikalen Übergang

Die Differentialdiagnosen eines freien Ossikels zwischen Basiokziput und Arcus anterior atlantis oder dem Dens axis sind: (1) ein freier TOC (s. Abb. 22, 23), (2) ein abgetrenntes Os odontoideum, (3) ein Ossiculum terminale persistens Bergmann (s. Abb. 16), (4) oder ein abgebrochener arthrotischer Osteophyt.

Wie zuvor bereits angesprochen, stellen 1-3 persistente Reste des Proatlans bzw. der hypochondralen Spange dar.

(1) freier TOC (s. Abb. 22, 23)

Ein einem TOC zugeschriebener freier Ossikel befindet sich in der Medianebene des Spatium atlanto-occipitale anterius (Putz 1975, Shapiro und Robinson 1976). Diese Art von TOC hat keine anatomische Beziehung zu den Bändern des kranio-zervikalen Übergangs. In den drei von uns histologisch untersuchten Fällen waren die freien TOCs von hyalinem Knorpel bedeckt und integrierte Anteile der Art. atlanto-axialis mediana der akzessorischen Gelenke.

(2) Os odontoideum

Ein Os odontoideum liegt vor, wenn im Laufe des Wachstums die Anlage des Dens axis vom Corpus axis durch das Persistieren eines Discus intervertebralis abgetrennt bleibt (Garber 1964, Keyl und Hipp 1964, Michaels et al. 1969, von Torklus and Gehle 1970, Spierings und Braakman 1982, Di Silvestre et al. 1991). Radiologisch erscheint ein Os odontoideum den größeren Teil des Dens axis (Wollin 1963, Hensinger 1983, Bland 1987) zu ersetzen.

Die Ursache, die zur Entstehung des Os odontoideum führt, ist unbekannt. Von einzelnen Fällen von Densfraktur wird berichtet, die als mobiles Os odontoideum fehlinterpretiert worden ist. Auch der umgekehrte Fall wird mitgeteilt (Hawkins et al. 1976). Klinisch kann eine derartige Entwicklung wegen der großen Instabilität der Art. atlanto-axialis mediana zu ernsthaften neurologischen Komplikationen führen. In einigen Fällen erfordert solch eine Situation eine stabilisierende Operation (Fielding et al. 1980). Eine „Nichtvereinigung“ (engl. nonunion) des Os odontoideum mit dem Corpus axis kann auch mit einem größeren Ossiculum terminale persistens verwechselt werden.

(3) *Ossiculum terminale persistens (Bergmann) (s. Abb. 16)*

Beim Ossiculum terminale handelt sich in der Mehrzahl der Fälle um ein kleines isoliertes rundes Knöchelchen an der Spitze des Dens axis. Ein Ossiculum terminale ist gewöhnlich in Verlängerung der vertikalen Achse des Dens axis platziert. Die Spitze des Dens erscheint in keiner Weise reduziert oder verformt. Wenn ein größeres Ossiculum terminale vorliegt, ist die Größe des Dens axis reduziert (Hadley 1948, Keyl and Hipp 1964, Hensinger 1983). Ein Ossiculum terminale kann nicht mit einer ausgebliebenen Verschmelzung des Os odontoideum mit dem Corpus axis, dem isolierten Os odontoideum, verwechselt werden (Prescher 1997).

(4) *Abgebrochener arthrotischer Osteophyt*

Isolierte, abgebrochene Osteophyten wurden gelegentlich bei älteren Menschen gesehen (von Torklus und Gehle 1970, Prescher 1990, 1997, Prescher und Brors 1998). In dem von uns bearbeiteten Material erscheinen sie als bizzare Ossikel von unterschiedlicher Größe und Gestalt, die im CT scharfe Ecken und Kanten aufwiesen; sie lagen nahe der arthrotischen Gelenkfläche des Arcus anterior atlantis und des Dens axis.

Ein mehr oder weniger isolierter am Margo posterior des Foramen magnum gelegener Ossikel wird als Os oder Processus Kerckringi (s. Abb. 24 und 25) bezeichnet (Prescher, Brors und Adam 1996, Prescher 1997).

Vergleichende Anatomie

In einigen niederen Vertebraten findet sich ein eigenständiger Knochen zwischen Okziput und Atlas: der Proatlas (die kraniale Hälfte des ersten zervikalen Sklerotom) (Ahlgrehn und Conrad 1984). Dieser kann beim Menschen teilweise als fixierter (s. Abb. 21, 26) oder freier TOC (s. Abb. 22, 23) oder Ossiculum terminale persistieren. Nach Meckel 1815, Hyrtl 1889, Bystrow 1931, Prescher 1997 und Starck 1979 entspricht ein TOC des Menschen dem einzelnen Condylus occipitalis (in medianer Position) bei den Fischen, Reptilien und Amnioten. Auch nach Kollmann (1905, 1907) ähnelt ein TOC dem medianen Processus condyloideus impar des normalen atlantookzipitalen Gelenkes bei Reptilien (Bystrow 1933, Hayek 1924, Jenkins 1969). Das Auftreten von einem TOC und freien Ossikeln im Spatium atlanto-occipitale atlantis des Menschen kann damit als atavistisches Merkmal interpretiert werden.

Klinische Anmerkungen

Osteoarthrose (angloamerikanisch: Osteoarthritis) (OA) ist eine häufige Erkrankung der Gelenke, die mit oder auch ohne Beschwerden bzw. neurologischen Symptomen und biomechanischen Irritationen einhergeht. Jedoch ist bekannt, dass die OA der atlanto-okzipitalen und atlanto-axialen Gelenke Grund für Halssteife und Immobilität sowie Kopf- und Nackenschmerz darstellen kann (Kamieth 1959, Jackson 1967, Edmeads 1978, Aufdermauer 1979, Bovim et al. 1994). Eine unsachgemäße Behandlung der Halswirbelsäule durch Physiotherapeuten oder Orthopäden kann bei Vorliegen einer schwerergradigen OA zu Abbrüchen eventuell vorliegender Osteophyten führen, die dann als freie Ossikel im Spatium atlanto-occipitale anterius Krepitation und Schmerzen verursachen können.

Die häufige OA des medianen atlanto-axialen Gelenkes kann mit selteneren, erworbenen oder angeborenen Veränderungen vergesellschaftet sein:

Chondrokalzinose (s. Abb. 19a, b und c) (N=2), intraossären Metastasen und Infiltrationen (s. Abb. 20) (N=2), Rheumatismus (s. Abb. 15) (N=1), intraossärer Verlauf größerer venöser Sinus (s. Abb. 18a und 18b) (N=3), Persistenz von freien (s. Abb. 23) (N=7) und fixierten (s. Abb. 21, 26) (N=4) Proatlas-Resten, die als Anteile eines Condylus tertius oder third occipitale condyle (TOC) bekannt geworden sind (Prescher et al. 1996).

Die Ausbildung einer Kontaktzone zwischen Okziput, Atlas und Dens axis über eine OA oder einen TOC sowie die Ausbildung eines akzessorischen medianen Gelenkes hat eine Dreipunktfixierung des Kopfes zur Folge. Diese Art der Fixierung kann die Kopfbeweglichkeit reduzieren, Halsversteifung verursachen und - wahrscheinlich – Blockaden bei Kopfbewegungen hervorrufen (Eulderink und Meijers 1976). Heute erlauben moderne Techniken wie CT und MRT genaue dreidimensionale Rekonstruktionen und die Sichtbarmachung aller osteologischen Anomalien im Spatium atlanto-occipitale anterius.

Zusammenfassung

Der vordere kraniozervikale Übergang wurde an 99 Kopf-Hals-Präparaten aus dem Präpariersaal mittels MRT, CT und Sägeschnitten untersucht. Weiterhin wurden 110 Schädel, 56 Atlas- und 33 Axispräparate vermessen. Es fand sich in 70% der Präparate das Vorliegen einer Osteoarthrose (Osteoarthritis) der Art. atlanto-axialis mediana; diese Erkrankung war durch die Bildung von maximalen Osteophyten, Vergrößerung der Gelenkflächen, Verlängerung der Gelenkhöhle und Verminderung des Abstandes zum Hinterhauptsbein charakterisiert. In drei Fällen hatten sich sehr große (giant), nach kranial gerichteten Osteophyten mit knöchernen Kontaktzonen zum Basiokziput gebildet. Die Kontaktzonen waren - wie sich feingeweblich zeigte – echte, erworbene, akzessorische, atlanto-okzipitale Gelenke in der Medianebene. In 11 Fällen lagen - wie die MRT- und CT- Schnittbilder zeigten – Reste des Proatlas bzw. der hypochondralen Spange vor: 3 mal als Condylus occipitalis tertius und knöchernen Kontaktzonen zu Atlas bzw. Axis und 7 mal als freie, überknorpelte Ossikel. Auch hier kann - wie die histologische Kontrolle zeigte – bei den Kontaktzonen von echten, allerdings angeborenen akzessorischen (atlanto-okzipitalen und odonto-okzipitalen) Gelenken in der Medianebene gesprochen werden. Der Casus mit Vorkommen eines Condylus occipitalis tertius und gleichzeitiger Bildung eines Osteophyten der Densspitze, die zusammen eine knöcherne Kontaktzone und akzessorische Gelenkkammern ausgebildet hatten, kann als „gemischter“ Fall bezeichnet werden.

Literaturverzeichnis

- Ahlgren L, Conrad C. 1984.
A complete proatlas, partially assimilated. Fortschr Röntgenstr 142: 108-109.
- Anda S, Nilsen G, Roysland P. 1988.
Periodontoid changes in rheumatoid arthritis; MRI observations. Scand J Rheumatol 17:59-62.
- Aufdermauer M. 1979.
Bewegungsapparat. In: Buchner F, Grundmann E (eds) Lehrbuch der speziellen Pathologie, 6th Ed. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, S. 568-629.
- Bland JH. 1987.,
Congenital Anomalies. In: Bland JH (Ed) Disorders of the cervical spine. Toronto. Saunders, pp 298-312
- Bolk L. 1906.
Zur Frage der Assimilation des Atlas am Schädel beim Menschen. Anat Anz 28: 497-506.
- Bovim G, Schrader H, Sand T. 1994.
Neck pain in the general population. Spine 19:1307-1309.
- Bystrow A. 1931. Assimilation des Atlas und Manifestation des Proatlas. Z Anat Entw Gesch 95: 210-242.
- Bystrow AP. 1933.
Morphologische Untersuchungen über die Occipitalregion und die ersten Halswirbel der Säugetiere und des Menschen. Z Anat Entw Gesch 100:362-386.
- Christ E and Wilting J 1992.
From somites to vertebral column. Ann Anat 174:23-32.
- Damjanov I. 1990.
Calcium pyrophosphate dehydrate deposition. In: Damjanov I, Lindner J (eds) Anderson's Pathology; 10th Ed. St Louis: Mosby, S. 2639-2640.
- Daumen-Legré V, Laftorgue P, Champsaur P, Chagnaud C, Pham T, Kasbarian M, Acquaviva PC. 1999.
Anteroposterior atlantoaxial subluxation in cervical spine osteoarthritis. J Rheumatol 26:687-691.

- Decker K, Fischgold H, Hacker H, Metzger J. 1956. Entwicklungsstörungen am atlanto- okzipitalen Obergang. Fortschr Röntgenstr 84:47-57.
- Di Silvestre M, Guizzardi S, Gargiulo G, Savini R. 1991. Os odontoideum. Chir Organi Mov 76: 179-191.
- Dwight T. 1909. Notes on a hypochordal brace. Anat Rec 3:321-333.
- Edmeads J. 1978. Headaches and head pains associated with diseases of the cervical spine. Med Clin Nr. Amer 62:533-544.
- Einig M, Higer HP, Meairs S, Faust- Tinnefeldt G, Kapp H. 1990. Magnetic resonance imaging of the cranio-cervical junction in rheumatoid arthritis: value, limitations, indications. Skeletal Radiol 19:341-346.
- Ellman MH, Levin B. 1975. Chondrocalcinosis in elderly persons. Arthritis and Rheumatism 18:43-47.
- Epp W. 1950. Die Spondylosis deformans der Halswirbelsäule. Inaug Diss Med Fak Zürich.
- Eulderink F, Meijers KAE. 1976. Pathology of the cervical spine in rheumatoid arthritis. J Pathol 120:91-108.
- Fielding W, Hensinger RN, Hawkins RJ. 1980. Os odontoideum. J Bone Joint Surg A: 376-383.
- Fischer E, Schmidt H. 1969. Die degenerativen Veränderungen des vorderen atlanto-dentalen Gelenks. Fortschr Röntgenstr. 111:555-558.
- Garber IN, 1964. Abnormalities of the atlas and axis vertebrae -congenital and traumatic. J Bone Joint Surg 46-A. 1782-1791.
- Genez EM. 1991. Atlantodontoid osteoarthritis. Critical reviews in diagnostic imaging 32:301-321.
- Habel J. 1965. Zur klinischen Bedeutung radiologisch fassbarer Missbildungen am atlantocranialen Übergang. Radiologe 5:515-519.
- Hadley LA. 1948.

Atlanto-occipital fusion, ossiculum terminale and occipital vertebra as related to basilar impression with neurological symptoms. *AJR Am J Roentgenol* 59:511-524.

- Hauser G, De Stefano GF. 1989.
Epigenetic variants of the human skull. *Schweizerbart, Stuttgart*. S. 134 -136.
- Hawkins RJ, Fielding W, Thompson WJ. 1976.
Os odontoideum: congenital or acquired. *J Bone Joint Surg* 58-A:413-414.
- Hayek H. 1924.
Ober das Schicksal des ProAtlas und über die Entwicklung der Kopfgelenke bei Reptilien und Vögeln. *Morph Jb* 53: 137-163.
- Hensinger RN. 1983.
Osseous anomalies of the craniovertebral junction. *Spine* 11 :323-333.
- Herkowitz HN. 1999.
Arthritis of the spine. In. Herkowitz HN et al (eds) *The spine*, 4th Ed. Vol. I. Philadelphia: Saunders, pp 450-451.
- Holthusen W. 1989.
Schädelbasis und Hinterhauptsbein. In. Schmidt H, Freyschmidt J (eds.) *Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skeletts*, 13th Ed. Stuttgart. Thieme, S. 363-364.
- Hori T. 1925.
Über die Anomalien des Hinterhauptbeines. *Folia Anat Jap* 3:291-312.
- Hyrtl J. 1889. *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*, 20th Ed. Wien: Braumtiller, S. 287-289.
- Ingelmark BE. 1947.
Über das craniovertebrale Grenzgebiet beim Menschen. *Acta anat Suppl* 6:21-105.
- Jackson R. 1967.
Headaches associated with disorders of the cervical spine. *Headache* 6:175-179.
- Jenkins FA. 1969. The evolution and development of the dens of the mammalian axis. *Anat Rec* 164:173-184.
- Junghanns H. 1931.
Altersveränderungen der menschlichen Wirbelsäule. *Arch klin Chir* 166:120-135.

- Kalenscher I. 1893.
Über den sogenannten dritten Gelenkhöcker und die accessorischen Höcker des Hinterhauptbeins. Inaug Diss Med Fak Königsberg.
- Kamieth H .1959
Ein nicht sicher einzuordnender Knochenkeil am Unterrand des Clivus. Fortschr Röntgenstr 91:334-339.
- Keyl W, Hipp E. 1964.
Fehlbildungen an Atlas und Axis. Fortschr Med 82:221-226.
- Kollmann J. 1905.
Varianten am Os occipitale, besonders in der Umgebung des Foramen occipitale magnum. Anat Anz 27 (Erg Heft):231-236.
- Kollmann J. 1907.
Varianten am Os occipitale, besonders in der Umgebung des Foramen occipitale magnum. Anat Anz 30:545-563.
- Lang J. 1981.
Klinische Anatomie des Kopfes. Springer, Berlin Heidelberg New York. pp 398-413.
- Lang J. 1995. Skull base and related structures, atlas or clinical anatomy. Stuttgart: Schattauer, S. 292-298.
- Le Double AF. 1903.
Traité des variations des os du crane de l 'homme. Vigot Frères, Paris. pp 92-99.
- Lombardi G. 1961.
The occipital vertebra. Am J Roentgenol 86:260-269.
- von Lüdinghausen M, Schindler G, Kageyama I, Pomaroli A. 2002. The third occipital condyle, a constituent part of a median occipito-atlanto-odontoid joint. Surg.Radiol Anat 24:71-76.
- Macalister A. 1869.
Notes on the homologies and comparative anatomy of the atlas and axis. J Anat Physiol 3:54-64
- McRae DL, Barnum AS. 1953.
Occipitalization of the atlas. AJR Am J Roentgenol 70:23-46.
- McRae DL. 1960.
The significance of abnormalities of the cervical spine.

- Am J Roentgenol 84:3-25.
- Meckel JF. 1815.
Ober einige Abnormitäten der Knochen. Dtsch Arch Physiol 1:641-644.
 - Menkes CJ, Decraemere W, Postel M, Forest M. 1985.
Chondrocalcinosis and rapid destruction of the hip. J Rheumatol 12:130-133.
 - Michaels L, Prevost MJ, Crang DF. 1969.
Pathological changes in a case of os odontoideum. J Bone Joint Surg 51-A:965-972.
 - Morizono Y, Sakou T, Kawaida H. 1987.
Upper cervical involvement in rheumatoid arthritis. Spine 12:721-725.
 - Müller F, O'Rahilly R. 2003.
Segmentation in staged human embryos: the occipitocervical region revisited. J Anat 203: 297-315.
 - Neiss A W. 1964.
Skelettvariationen. Inaug Diss Med Fak Erlangen-Nürnberg.
 - Niethard, FU, J Pfeil 2003
Orthopädie, Duale Reihe, 4. Auflage Thieme Verlag, Stuttgart, S. 184-191
 - Ober G. 1936.
Über Spondylosis deformans. Dtsch Z Chir 246:666-684.
 - Oetteking B. 1923.
On the morphological significance of certain cranio-vertebral variations. Anat Rec 25:339-353.
 - Prasada Rao PVV .2002.
Median (third) occipital condyle. Clin Anat 15: 148-151.
 - Prescher A. 1990.
The differential diagnosis of isolated ossicles in the region of the dens axis. Gegenbaurs morph Jb 136: 139-154.
 - Prescher A, Tillmann C. 1994.
Zur Kenntnis der Morphologie des Apex dentis (Abstr). Ann Anat (Suppl) 89:150.
 - Prescher A, Brors D, Adam G. 1996.
Anatomic and radiologic appearance of several variants of the craniocervical junction. Skull Base Surg 6:83-94.
 - Prescher A. 1997.

The crano-cervical junction in man, the osseous variations, their significance and differential diagnosis. *Ann Anat* 179:1-19.

- Prescher A, Brors D. 1998.
Die Arthrosis deformans der Articulatio atlantooccipitalis mediana: morphologische Folgen für den zervikokraniellen Übergang und klinische Bedeutung. In: Lanksch WR, Lehmann N (eds) Die hintere Schädelgrube und der kraniozervikale Übergang. Reinbek: Einhorn Presse, pp 240-247.
- Prescher A. 1998.
Anatomy and pathology of the aging spine. *Europ J Radiol* 27:181-195.
- Pritzker KPH, Cheng P, Renlund RC. 1988.
Calcium pyrophosphate crystal deposition in hyaline cartilage. *J Rheumatol* 15:828-835.
- Putz R 1975.
Zur Manifestation der hypochordalen Spangen im crano-vertebralen Grenzgebiet *Anat Anz* 137:65- 74.
- Rosai J. 1977.
Tumors and tumorlike conditions of bone. In: Anderson W AD and Kissane JM (eds.) *Pathology*, Vol. 2, 7th Ed. St Louis: Mosby, S. 1978-2014.
- Sager P. 1969.
Spondylosis cervicalis. Munksgaard Copenhagen. S. 73-204.
- Schmidt H. 1959.
Okzipitale Dysplasien I. Die Manifestation des Okzipitalwirbels im Röntgenbild. *Fortschr Röntgenstr* 90:691- 704.
- Shapiro R, Robinson F .1976.
Anomalies of the craniovertebral border. *AJR Am J Roentgenol* 127:281-287.
- Silberberg R. 1977.
Diseases of joints. In Andersson WAD, Kissane JM (eds) *Pathology*, Vo12, 7th Ed, St Louis: Mosby, S. 2015-2054.
- Skaane P, Klott KJ. 1981. Die peridentale Aureole bei der vorderen Atlantodentalarthrose. *Fortschr Röntgenstr* 134:62-68.
- Sokoloff L, Varma AA. 1988.
Chondrocalcinosis in surgically resected joints. *Arthritis Rheumatism* 31:750-756.
- Spierings E , Braakman R. 1982.

- The management of os odontoideum. *J Bone Joint Surg* 64-B. 422-428.
- Starck D. 1979.
Das Skelettsystem. In: Starck D (ed) *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere*, Vol 2 Berlin Heidelberg New York. Springer, S. 44-95.
 - Taitz C. 2000.
Bony observations of some morphological variations and anomalies of the craniovertebral region. *Clin Anat* 13:354-360.
 - Töndury G, Tillmann B.1987.
Schädel-Wirbelsäulen-Übergang und Kopfgelenke. In Rauber/Kopsch *Anatomie des Menschen*, Bd 1. Leonhardt H, Tillmann B, Tondury G, K. Zillies (eds). Stuttgart, New York. Thieme, S. 234-246.
 - Torklus von D, Gehle W;1970.
Die obere Halswirbelsäule. Stuttgart: Thieme, S. 22-58.
 - Wackenheim A.1974.
Roentgen-diagnosis of the craniovertebral region. Berlin Heidelberg New York: Springer, pp 359-476.
 - Wollin DG. 1963.
The os odontoideum. *J Bone Joint Surg* 45-A:1459-1471.
 - Zapletal J, Hekster REM, Straver JS, Wilmink JT, Hermans J. 1996.
Relationship between atlanto-odontoid osteoarthritis and idiopathic suboccipital neck pain. *Neuroradiol* 38: 62-65.
 - Zapletal J, Hekster REM, Treurniet FEE, de Valois JC, Wilmink JT. 1997,
MRI of atlanto- odontoid osteoarthritis. *Neuroradiol* 39:354-356.

Lebenslauf

| | |
|------------------------------|---|
| Geburtstag | 13.05.1970 |
| Geburtsort | Böblingen |
| Eltern | Hans-Peter Fahr Ingeborg Fahr (geb. Eydel) |
| Schulzeit | Einschulung: September 1977 in Nürnberg 1985 ein Auslandsjahr an einer englischen Schule in den VAE Abitur: im Juli 1992 |
| 1.Studium 1992-96 | Volkswirtschaftslehre in Strassburg (Elsass), Freiburg im Brsg., Mainz und Stellenbosch (Südafrika) |
| Wehrdienst 1996-98 | Grundwehrdienst im Rak Art Btl 122 mit anschließender Reserveoffizierslaufbahn; aktueller Dienstgrad: Stabsarzt der Reserve |
| 2.Studium 1998 - 2004 | Humanmedizin an der Julius- Maximilians-Universität in Würzburg |
| Famulatur 2000 – 2003 | in den Fächern: Orthopädie, Radiologie, Pathologie und der Kardiologie |
| Praktisches Jahr 2003 – 2004 | mit dem Wahlfach Pathologie in Südafrika |

Promotion:

Akzessorische Gelenke
zwischen Basiokziput und Atlas
bzw. Dens axis in der
Medianebene

(<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/110578754/ABSTRACT>)

Doktorvater: Prof. von
Lüdinghausen (Anatomie)
z.Z. bei den Korreferenten

Assistenzarzt 06.12.2004
–30.06.2005

Stationsarzt in der
Neurologischen Klinik,
Bad Neustadt (Saale)

Assistenzarzt seit 16.07.2005

Wissenschaftlicher Angestellter
in der Urologie im
Zentrum für operative Medizin
der Universität Würzburg
Forschungsprojekt: In vivo
Untersuchung des humanen
Antikörpers PAM-1
(Vollmers et al.
<http://cancerres.aacrjournals.org/cgi/content/full/63/9/2052> bei)
beim Prostata-Ca.