

Zur Morphologie des adulten menschlichen Zungenbeins

J. Koebeke¹ und K.-S. Saternus²

¹Anatomisches Institut der Universität Köln, Josef-Stelzmann-Str. 9, D-5000 Köln 41

²Institut für Rechtsmedizin der Universität Köln, Melatengürtel 60–62, D-5000 Köln 30, Bundesrepublik Deutschland

The Adult Human Hyoid Bone

Summary. Investigations on 504 human hyoid bones show that there exist three main types, whose occurrence is, to a certain degree, sex-related. The junction between the body and the larger horns of the hyoid often is not ossified even in advanced age. Any determination of age on the basis of the extent of the corpus-cornu maius-ossification is most unreliable.

Key words: Hyoid bone, Morphology – Age determination, hyoid bone

Zusammenfassung. Untersuchungen an 504 menschlichen Zungenbeinen haben ergeben, daß drei Grundformen existieren, deren Auftreten in bestimmtem Maße geschlechtsspezifisch ist. Die Junktur zwischen dem Körper und den großen Hörnern des Zungenbeins ist häufig auch noch im fortgeschrittenen Alter nicht knöchern. Eine Altersbestimmung anhand der Verbindung Corpus-Cornu majus ist von daher als äußerst unzuverlässig anzusehen.

Schlüsselwörter: Zungenbein, Morphologie – Altersbestimmung, Zungenbein

Der morphologischen Beschreibung des Zungenbeins wird in den Lehrbüchern der Anatomie nur ein geringer Platz eingeräumt, wobei seine äußere Gestalt wie auch die Art der Verbindung seiner Elemente widersprüchlich dargestellt werden. So hat nach Gray (1959) das Os hyoideum die Form eines Hufeisens („shaped like a horse-shoe“), andere Autoren hingegen charakterisieren es als ein V- oder U-förmiges Knochengebilde (Testut und Letarjet, 1948; Rauber-Kopsch, 1968).

Die Junktur zwischen Corpus und Cornua majora ist nach Fischel (1929), Sieglbauer (1958) und Gray (1959) eine bis ins mittlere Lebensalter persistierende Synchronrose, welche in der Folge regelmäßig synostosieren soll. Brauz-Elze (1960) beschreiben die Verbindung als „verknöchert oder knorpelig, seltener gelenkig oder bindegewebig“, während Fürbringer (1922) stets ein straffes Gelenk zwischen Körper und großem Horn sieht. Auf eine mögliche Bedeutung der

Morphologie des Zungenbeins für die gerichtliche Medizin hat bereits Patenko (1884) aufmerksam gemacht. Leopold und v. Jagow (1961) halten eine Altersbestimmung anhand des Verbindungsmodus zwischen Zungenbeinkörper und großem Horn unter Miteinbeziehung von Verknöcherungsmerkmalen des Kehlkopfes und evtl. der Trachea für brauchbar und zuverlässig. Auf geschlechtsspezifische Merkmale des Zungenbeins wird von Jelisiejewa und Mitarb. (1968) hingewiesen. Ihren Röntgenbefunden zufolge ist einerseits das männliche Zungenbein größer dimensioniert, zum anderen soll bei Frauen eine Ossifikation zwischen Körper und großem Horn später auftreten.

Auch die Lage des kleinen Zungenbeinhorns wird bei Durchsicht der Literatur nicht einheitlich angegeben. Bardeen (1910), Fischel (1929) und Benninghoff-Goerttler (1975) beobachten es unmittelbar am lateralen Rand des Corpus ossis hyoidei, während es nach Sieglbauer (1958) und Braus-Elze (1960) der Verbindungsstelle zwischen Körper und großem Horn anliegt. Porvath (1969) sieht es in der Regel bindegewebig oder gelenkig mit dem Corpus verbunden, weist aber auch auf die mögliche Artikulation mit dem großen Horn hin.

Aufgrund dieser allgemein widersprüchlichen Angaben scheint es notwendig, durch Untersuchungen an einem umfangreichen Material zu gültigen Aussagen über die Morphologie des menschlichen Zungenbeins zu kommen. Makroskopische, röntgenologische und histologische Analysen sollen Aufschluß geben über die Form des Hyoids, über die Art der Verbindung zwischen seinen Komponenten, sowie über die Lage seiner Elemente zueinander.

Material und Methoden

Für die Untersuchung standen 504 Zungenbeine (337 männliche, 167 weibliche) von gerichtsmedizinischen Autopsien sowie aus anatomischem Kurssaalmaterial zur Verfügung. Die Zungenbeine wurden von Weichteilen freipräpariert und makroskopisch untersucht. Von allen Präparaten wurden Röntgenaufnahmen in vertikaler Projektion und von den Junkturen zusätzliche im a.-p.-Strahlengang angefertigt. Anhand dieser Aufnahmen wurden die Zungenbeinformen und die Art der Verbindung zwischen Corpus und Cornu majus (unverknöchert, teilverknöchert oder knöchern durchbaut) bestimmt (Tabelle 1). Des weiteren wurde die Lage des kleinen Horns festgestellt und die „Gelenk“- und Hornweite vermessen. Sämtliche Daten wurden durch 18 Variablen klassifiziert¹.

Weiterhin wurden 49 Junkturen, die radiologisch keine vollständige Verknöcherung zwischen Corpus und Cornu majus aufwiesen, histologisch aufgearbeitet oder in einigen Fällen zur Herstellung von Dünnschliffen (Frost, 1958) verwendet.

Ergebnisse

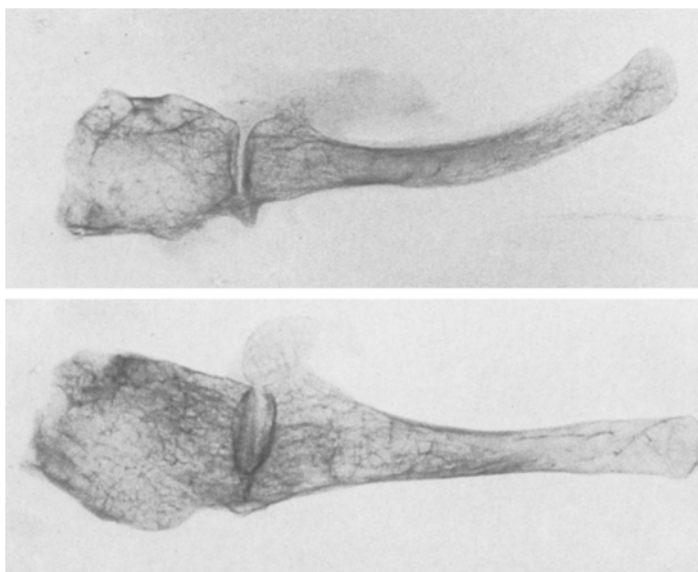
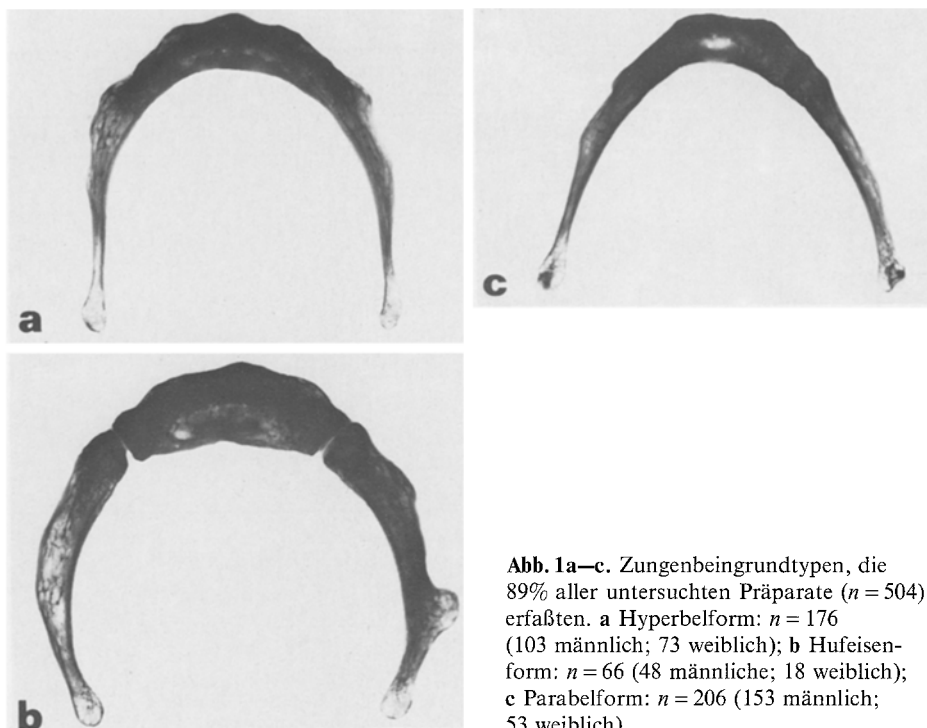
Zungenbeinform

Die Gestalt des Zungenbeins wird durch das Auftreten von drei Grundtypen charakterisiert (Abb. 1). In 206 der untersuchten Fälle war sie parabelförmig, 176 Zungenbeine zeigten eine ausgesprochene Hyperbelform. Eine Hufeisenform lag in 66 Fällen vor. Neben diesen Grundtypen wurden asymmetrische Typen

¹ Die Berechnungen erfolgten am Rechenzentrum der Universität zu Köln

Tabelle 1. Häufigkeitsverteilung der Zungenbeinformen in ihrer Relation zum Lebensalter, Geschlecht und Verknöcherungsmodus der Junktur von Corpus und Cornu majus

Alter	♂						♀					
	unver- knöchert		teilver- knöchert		ver- knöchert		unver- knöchert		teilver- knöchert		ver- knöchert	
	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.	re.	li.	bds.
Hufeisen												
Bis 10 Jahre												
Bis 20 Jahre			3						1			
Bis 30 Jahre	1		6		1				4			
Bis 40 Jahre		2	6	2	1		1		2			
Bis 50 Jahre		1	7		1	1	2		3			2
Bis 60 Jahre			3		1		3					
Bis 70 Jahre			2		3		1		2			
Bis 80 Jahre	1					1	1		2		1	1
Bis 100 Jahre			1				1					
Parabel												
Bis 10 Jahre			6						2			
Bis 20 Jahre			13						4			
Bis 30 Jahre	4	3	16	3	2	1	2	1	6			1
Bis 40 Jahre	4		12		1	2	3	3	1	1	2	1
Bis 50 Jahre	1	2	10	1	3		3	6	1	7	2	1
Bis 60 Jahre	5	5	8	3	3		3	3	4	3	1	1
Bis 70 Jahre	3	5	7	10	5		2	5	7	2	7	1
Bis 80 Jahre		1	4	1		2		4	1	5		1
Bis 100 Jahre			1	1	1		1	1	1			
Hyperbel												
Bis 10 Jahre			3						1			
Bis 20 Jahre			13						8			
Bis 30 Jahre	3	4	11		2		4	1	2	1	5	1
Bis 40 Jahre	2	1	7	1	3	1	2	1	2	1	10	1
Bis 50 Jahre	1	5	10	3		3	2	1	2	1	9	1
Bis 60 Jahre	1	1	4	1		2		1	2		7	1
Bis 70 Jahre	3	3	3	2	4	2	2		4	2	7	1
Bis 80 Jahre	1		2		2		1			1	1	2
Bis 100 Jahre			1							1	2	1
Asymmetrische Form												
Bis 10 Jahre										1		
Bis 20 Jahre												
Bis 30 Jahre			2						2	1	1	2
Bis 40 Jahre	1	1	4		1	1	1	3		2		1
Bis 50 Jahre			1		1			2		3		
Bis 60 Jahre		1	4	2			1	2	1	1	5	1
Bis 70 Jahre			2					1		1		
Bis 80 Jahre	2	1	3				1			1	1	1
Bis 100 Jahre								1				



beobachtet, die sich aus Gestaltelementen zweier Grundformen zusammensetzen. Mit 44 Fällen war die Kombination Parabel-Hyperbel die häufigste Mischform.

Andere Kombinationen traten seltener auf. Nur ein Zungenbein konnte eindeutig weder einem Grund- noch einem Mischtyp zugeordnet werden.

Verbindung Körper–Großes Horn

Die Bestimmung der Verbindungsart zwischen Corpus und den beiden Cornua majora anhand der Röntgenogramme wurde für jeden Zungenbeintyp durchgeführt. Es wurde zwischen vollständiger, partieller und nicht knöcherner Verbindung unterschieden, wobei eine Art von Junktur bei einem Objekt symmetrisch oder mit einer anderen kombiniert vorliegen kann. Ihre Relationen und Abhängigkeiten vom Lebensalter ergeben sich aus der Tabelle 1.

Danach können bei allen Zungenbeinformen auch noch in den höchsten Altersklassen die Verknöcherungen der Junktur ausbleiben oder nur partiell erfolgen (vgl. Abb. 2).

Prüft man für die gesamte Stichprobe den Zusammenhang zwischen Alter und Verknöcherung (skaliert nach: nicht, teilweise oder vollständig verknöchert), so ergibt sich bei Verwendung des Spearmanschen Korrelationskoeffizienten für die rechtsseitig gelegene Verbindung ein Bestimmtheitsmaß von 11,7% und für die linksseitige eines von 9,8% ($P < 0,001$). Für jede der symmetrischen Grundformen (Parabel-, Hyperbel- oder Hufeisentyp) errechnete sich gleichfalls eine gesicherte Altersabhängigkeit, nicht jedoch für die asymmetrischen Formen. Weiterhin wurde für die drei Grundtypen unter Verwendung der Fisherschen Z-Transformation (zit. nach Clauss und Ebner, 1972) geprüft, ob die gefundenen Differenzen der Korrelationskoeffizienten zufällig oder bedeutsam unterschieden sind. Dabei konnte die Nullhypothese, daß nämlich die drei Stichproben einer Grundgesamtheit mit gleichem Korrelationskoeffizienten entstammen, für $\alpha < 0,01$ nicht abgewiesen werden.

Zur Beantwortung der Frage nach einem Geschlechtsdimorphismus bezüglich der Altersbindung der Verknöcherung der Junktur von Corpus und Cornu majus wurden unabhängig von der Zungenbeinform die Altersverteilung für die verknöcherten, die teil- oder durchgehend verknöcherten Zungenbeine – differenziert nach dem Geschlecht – im χ^2 -Test miteinander verglichen. Dabei ergaben sich im Kollektiv der Unverknöcherten gesicherte Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Geschlechtern, keine hingegen in den beiden anderen Gruppen. Insbesondere bei den Über-60jährigen unterschieden sich die weiblichen Zungenbeine von den männlichen.

Während bis zum 20. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern noch keine Verknöcherungen vorkommen (diese Altersklassen sind, verglichen mit den nächsten Dekaden, etwas geringer besetzt, Tabelle 1; Abb. 3), nehmen sie bei den Männern mit steigendem Alter erkennbar zu (Abb. 3: Abnahme der nichtverknöcherten Junkturen), wohingegen bei den Frauen kein derartig enger Zusammenhang besteht.

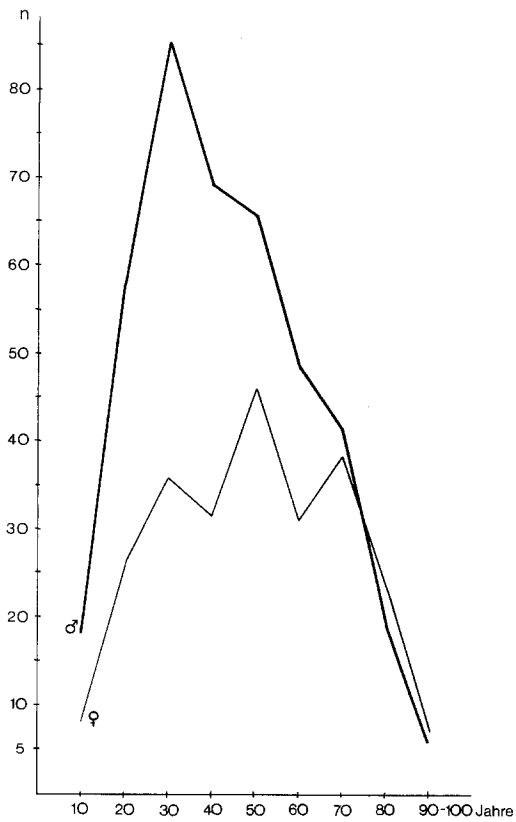


Abb. 3. Alters- und Geschlechtsverteilung nicht verknöcherter Junkturen zwischen Corpus und Cornu majus des Zungenbeins

Tabelle 2. Spearmanscher Korrelationskoeffizient von Lebensalter und Verknöcherung der Junktur, differenziert nach dem Zungenbeintyp und Genus

		Gesamt	Signif. (%)	Männlich	Signif. (%)	Weiblich	Signif. (%)
Parabelform	re.	0,3543	0,1	0,4480	0,1	0,0878	26
	li.	0,3002	0,1	0,3709	0,1	0,1148	21
Hyperbelform	re.	0,3408	0,1	0,3869	0,1	0,3248	0,3
	li.	0,3386	0,1	0,3493	0,1	0,3568	0,1
Hufeisenform	re.	0,3894	0,1	0,4351	0,1	0,2749	14
	li.	0,4208	0,1	0,4812	0,1	0,2749	14

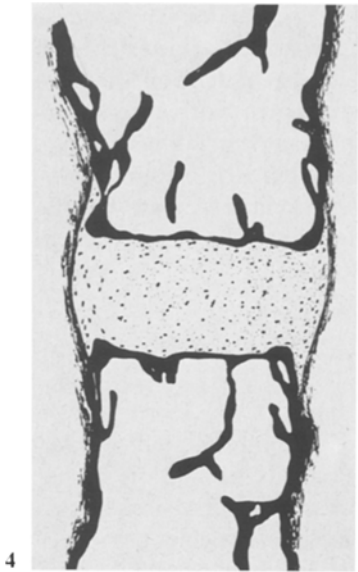
Betrachtet man für die drei Zungenbeintypen den Spearmanschen Korrelationskoeffizienten zwischen Alter und Verknöcherungsmodus, so zeigen sich auch dabei Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Tabelle 2). Bei den von Männern stammenden Zungenbeinen sind durchgehend die gefundenen Korrelationen gesichert von Null verschieden, bei denen von Frauen nur bei dem häufigsten Typ, dem Hyperbeltyp. Hierbei jedoch gab eine Überprüfung der Korrelationskoeffizienten mit Hilfe der Fisherschen Z-Transformation keinen Anhalt für die Annahme, daß die beiden Kollektive nicht einer Grundgesamtheit mit gleichem Korrelationskoeffizienten entstammten.

Histologische Befunde

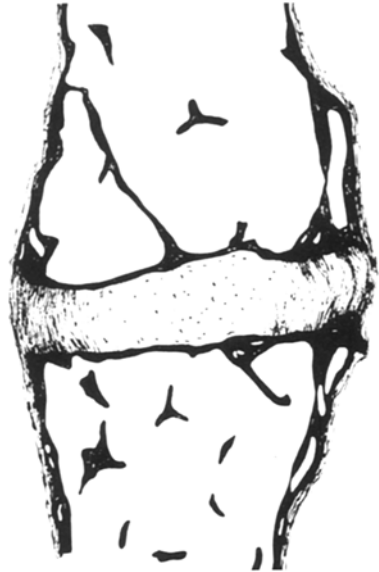
Die nicht knöcherne Verbindung zwischen Körper und großem Horn ist, wie anhand der 49 histologisch untersuchten Zungenbeinhälften festgestellt werden konnte, von variabler morphologischer Struktur. Häufig ist einmal die breite, hyalinknorpelige Junktur in Form einer Synchronrose ($n = 14$) zwischen den beiden Knochelementen (Abb. 4). Ein faserreicher Knorpel mit einer besonders in der Peripherie ausgerichteten Textur liegt in sechs Fällen vor (Abb. 5). Des weiteren finden sich Fälle ($n = 9$) von kohärenten hyalinknorpeligen Inseln, allseitig von Kompaktknochengewebe umschlossen (Abb. 6). Bei einigen Objekten ($n = 7$) zeigen diese Knorpel einschüsse querverlaufende Spalten (Abb. 7). Eine gelenkige Verbindung zwischen Körper und großem Horn wurde bei insgesamt 13 Fällen vorgefunden. In der Regel weist das große Horn Gelenkkopfcharakter auf, während das Corpus ossis hyoidei die zugehörige pfannenförmige Artikulationsfläche bildet (Abb. 8).

Lage des kleinen Horns

Zur genauen Bestimmung der Lage des Cornu minus wurden 225 Zungenbeine verwertet. Bei diesen Objekten war nach Entnahme und Präparation das kleine Horn noch beidseitig vorhanden. Als Ergebnis der makroskopischen und röntgenologischen Untersuchung ist festzustellen, daß das kleine Horn in keinem Fall dem Corpus ossis hyoidei anliegt. Am häufigsten ist es symmetrisch unmittelbar der Junktur angefügt. Schließlich sind auch asymmetrische Verhältnisse zu beobachten (vgl. Tabelle 3).



4



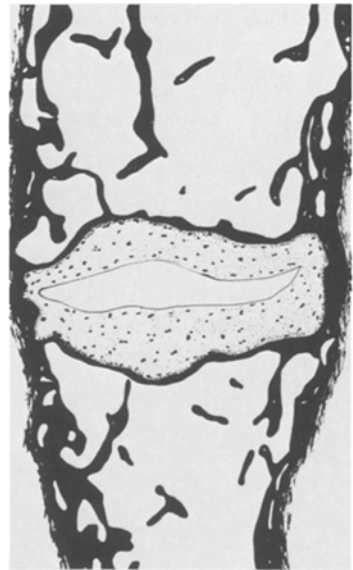
5

Abb. 4. Hyalinknorpelige Junktur zwischen Körper (*oben*) und großem Horn (li., 61 Jahre, weiblich). Zeichnung nach histologischem Präparat, ca. 4,5fach

Abb. 5. Symphysäre Verbindung zwischen Körper und großem Horn (li., 56 Jahre, männlich). Semizirkuläre Anordnung von Fasern in den perichondriumnahen, peripheren Bereichen der Junktur. Zeichnung nach histologischem Präparat, ca. 4,5fach



6



7

Abb. 6. Insel von hyalinem Knorpel zwischen Corpus und Cornu majus ossis hyoidei (re., 69 Jahre, weiblich). Zeichnung nach histologischem Präparat, ca. 4,5fach

Abb. 7. Einschluß von hyalinem Knorpel mit querverlaufendem Spalt (re., 63 Jahre, männlich). Zeichnung nach histologischem Präparat, ca. 4,5fach

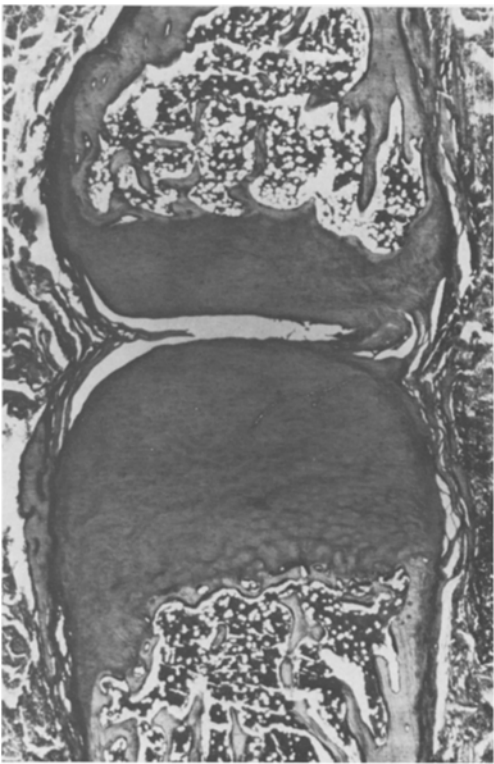


Abb. 8. Diarthrose zwischen Körper (*oben*) und großem Horn des Zungenbeins (li., 58 Jahre, männlich). Beachte die meniskoiden Einfaltungen in den Gelenkspalt. H.-E., 10 μ m, ca. 5fach

Tabelle 3. Lage der kleinen Hörner bei 225 Zungenbeinen

Lage	Anzahl
Symmetrisch großes Horn	135
Symmetrisch Junktur	58
Junktur re./großes Horn li.	28
Junktur li./großes Horn re.	4

Diskussion

Das menschliche Zungenbein besitzt, wie durch die vorliegenden Untersuchungen gezeigt werden konnte, meist die Form einer Parabel oder die einer Hyperbel. Eine Hufeisengestalt, die nicht selten als die charakteristische Normalform des Hyoids angesehen wird (Gray, 1959), tritt in der vorliegenden Stichprobe ($n = 504$) nur in 13% aller untersuchten Fälle auf. Eine Beziehung zwischen Form und Alter des Zungenbeins besteht nicht, jedoch läßt sich ein geschlechtsspezifisches Auftreten nachweisen. Die Parabelform tritt beim männlichen Geschlecht am häufigsten (45,4% der Fälle), gefolgt von der Hyperbelform (30,6%) auf. Das weibliche

Zungenbein liegt in 43,7% der Fälle als Hyperbel und in 31,7% als Parabel vor. Eine Überprüfung der Absolutwerte ergab im χ^2 -Test auf dem 1%-Niveau gesicherte Unterschiede.

Die Form des Zungenbeins ist, wie biomechanische Analysen zeigen (Saternus und Koebe, 1979), ein das Frakturverhalten wesentlich beeinflussender Parameter. Ebenso ist auch die Verbindung zwischen Körper und großem Horn von Einfluß. Bezüglich dieser Junktur läßt sich feststellen, daß sie, entgegen zahlreichen Angaben in der Literatur (Fischel, 1929; Sieglbauer, 1958; Gray, 1959; Lesoine, 1966) nicht regelmäßig im mittleren Lebensalter ossifiziert (Tabelle 1).

Zwar wurde für das vorliegende Untersuchungsgut eine Abhängigkeit des Verknöcherungsmodus vom Alter errechnet, doch betrug das Bestimmtheitsmaß nur 10%. Die symmetrischen Zungenbeintypen (Parabel-, Hyperbel- und Hufeisenform) unterschieden sich in dieser Hinsicht nicht bedeutsam voneinander. Bei den asymmetrischen jedoch konnte kein Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen gesichert werden. Hinsichtlich der Seitengleichheit in der Ausprägung der Ossifikation fand sich jedoch selbst noch bei den asymmetrischen Formen eine große Übereinstimmung (Tabelle 1). Die Wahrscheinlichkeit, daß gleichzeitig keine Verknöcherung, eine Teilverknöcherung oder eine vollständige Verknöcherung auftritt, ist für das Gesamtkollektiv mit $r = 0,70$ ($P < 0,001$) hoch, beträgt für die weiblichen Hufeisenformen ($n = 18$) sogar 1 ($P < 0,001$).

Die von Jelisiejewa und Mitarb. (1968) mitgeteilte Beobachtung, daß die Ossifizierung der Corpus–Cornu majus-Verbindung beim weiblichen Geschlecht später als beim männlichen auftritt, ließ sich nicht bestätigen.

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, besteht kein grundsätzlicher Unterschied im Altersgang der Verknöcherung zwischen den Geschlechtern. Speziell für die Hyperbelform ließ sich mit Hilfe der Fisherschen Z-Transformation zeigen, daß die Korrelationskoeffizienten des weiblichen und des männlichen Kollektivs aus einer Grundgesamtheit mit dem gleichen Korrelationskoeffizienten stammen. Allerdings wurden bei weiblichen Zungenbeinen im Vergleich zu den von Männern stammenden ab der 3. Dekade durchgehend häufiger unverknöcherte Junkturen gefunden. Speziell bei den Über-60jährigen (61–70jährige 2. Häufigkeitsgipfel der nicht verknöcherten Junkturen bei weiblichen Zungenbeinen) dürfte kaum noch in einem größeren Umfang mit einer Ossifizierung der unverknöcherten Verbindung zu rechnen sein.

Der im χ^2 -Test für das vorliegende Untersuchungsgut gesicherte Geschlechtsdimorphismus besteht darin, daß die Rate unverknöchert bleibender Junkturen und nicht der Altersgang der Verknöcherung verschieden ist.

Durch die histologischen Untersuchungen von 49 Junkturen an Zungenbeinen älterer Individuen (Altersdurchschnitt 64 Jahre) soll zusätzlich etwas über die Art der Verbindung zwischen Corpus und Cornu majus ausgesagt werden. Die gefundenen Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Vorstellungen von Leopold und v. Jagow (1961), wonach eine streng altersabhängige Veränderung dieser Junktur zu beobachten sein soll:

Im Kindes- und Jugendalter soll sich der Spalt bis hin zum 19. Lebensjahr zunehmend verengen, dann eine geringere konstante Weite beibehalten, um schließlich bei Männern mit 45–55 Jahren, bei Frauen mit 30–40 Jahren zu verschwinden. Unseres Erachtens ist das Persistieren nicht knöcherner Verbindungen

zwischen den beiden Knochenelementen vor allem funktionell-anatomisch deutbar. Wie Untersuchungen an Foeten und Neugeborenen zeigen (Koebeke, 1978), liegt zwischen Körper und großem Horn primär eine Synchronrose oder ein Gelenk vor. Eine Persistenz, im besonderen eines Gelenks, ist verknüpft mit seiner Beanspruchung, d. h. die artikulierenden Elemente müssen in ihrer Lage zueinander verändert werden. Ein derartiger Mechanismus kann durch den Schluckakt ausgelöst werden, indem die Cartilago thyroidea hochsteigt und sich mit ihren cranialen Anteilen partiell in das Zungenbein hineinschiebt (Nelson, 1940), wobei eine Lateralbewegung der großen Zungenbeinhörner die Folge ist. Für die größere Beanspruchung gerade des lateralen Gelenkanteils zwischen Körper und großem Horn spricht die äquidensitometrisch festzustellende größere Menge an Knochenmaterial in der subchondralen Zone (vgl. Saturnus und Koebeke, 1979). Eine im individuellen Fall ausgeprägte Laryngoptosis im Alter könnte u. E. zum Verlust dieses „gelenkerhaltenden Reizes“ führen, und eine Ankylosierung des Gelenks tritt ein. Nach Pauwels (1960) ist bekanntlich für die Bildung von Knochengewebe kein spezifischer Reiz notwendig, wenn nur ein Leitgerüst in Form von Bindegewebe oder Knorpel vorhanden ist. Eine derartige ruhigstellende Struktur ist in Form der Gelenkkapsel gegeben, von der aus die Ankylosierung des Gelenks beginnt. Die beobachteten Fälle mit lateral außen oder medial innen gelegenen Teilverknöcherungen, die auch auf andere Bereiche übergreifen (vgl. Abb. 2), wie auch die histologischen Befunde (vgl. Abb. 6 und 7) sprechen für einen derartig ablaufenden Prozeß.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß, und dies widerspricht im besonderen den Vorstellungen von Leopold und v. Jagow (1961), eine nur annähernd präzise Altersbestimmung anhand der Verbindung zwischen Corpus und Cornu majus ossis hyoidei nicht möglich ist.

Die Beobachtung zahlreicher Autoren letztlich (Bardeen, 1910; Fischel, 1929; Benninghoff-Goerttler, 1975), daß das kleine Horn unmittelbar dem Zungenbeinkörper anliegt, steht nicht im Einklang mit den vorliegenden Befunden. Meist ist es, gelenkig oder knöchern, dem Cornu majus (vgl. Abb. 2) oder auch der Junktur zwischen Körper und großem Horn angefügt.

Literatur

- Bardeen, Ch.: Die Entwicklung des Skeletts und des Bindegewebes. In: Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen, Keibel-Mall (Hrsg.), Bd. 1. Leipzig: Hirzel 1910
- Benninghoff-Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 11. Aufl., Bd. 1. München, Berlin, Wien: Urban und Schwarzenberg 1975
- Braus-Elze: Anatomie des Menschen, 2. Aufl., Bd. 1. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1960
- Clauss, G., Ebner, H.: Grundlagen der Statistik. Frankfurt, Zürich: H. Deutsch 1972
- Fischel, A.: Lehrbuch der Entwicklung des Menschen. Wien, Berlin: Springer 1929
- Frost, H. M.: Preparation of thin undecalcified bone sections by rapid manual method. Stain Technol. 33, 273—277 (1958)
- Fürbringer, M.: Das Zungenbein der Wirbeltiere. Abhl. Heidelberger Akad. Wiss. Math.-Nat., Klasse Abtl. B, 1922

- Gray, H., Goss, C.: An anatomy of the human body, 27th ed. Philadelphia: Lea-Febiger 1959
- Jelisiejewa, T., Szmurlo, J., Kuduk, I.: Badania morfologiczne kosci gynkowej czlowieka. Fol. Morphol. **27**, 189—198 (1968)
- Koebke, J.: Some observations on the development of the human hyoid bone. Anat. Embryol. **153**, 279—286 (1978)
- Leopold, D., Jagow, G. v.: Das Röntgenbild des Kehlkopfes – Eine Möglichkeit zur Altersbestimmung. Beitr. Gerichtl. Med. **21**, 181—190 (1961)
- Lesoine, W.: Über Frakturen und Luxationen des Zungenbeins. Hals- Nas.- Ohr.-Heilk. **14**, 122—124 (1966)
- Nelson, L. A.: Hyoid bursitis. Texas State J. Med. **36**, 435—441 (1940)
- Patenko, Th.: Der Kehlkopf in gerichtlich-medizinischer Beziehung. Vjschr. Gerichtl. Med. **XLI**, 4. F, 193—230 (1884)
- Pauwels, F.: Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. Zehnter Beitrag zur funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates. Z. Anat. Entw.-Gesch. **121**, 478—515 (1960), Ges. Abh. 480—518 (1965)
- Porvath, S.: Roentgenologic considerations of the hyoid apparatus. Am. J. Roentgenol. **105**, 63—73 (1969)
- Rauber-Kopsch: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen, 20. Aufl., Bd. 1. Stuttgart: Thieme 1968
- Saternus, K.-S., Koebke, J.: Das Verletzungsmuster des Zungenbeins. Z. Rechtsmed. (im Druck)
- Sieglbauer, F.: Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen, 8. Aufl. München, Berlin: Urban und Schwarzenberg 1958
- Testut, L., Letarjet, A.: Traité d'anatomie humaine, 9. ed. Paris: G. Doin et Cie 1948

Eingegangen am 2. Mai 1979