

Bestimmung der Körperlänge und des Alters menschlicher Feten auf Grund der Schädelbasisknochenmaße

I. GY. FAZEKAS und F. KÓSA

Institut für gerichtliche Medizin der Medizinischen Universität Szeged
(Direktor: Prof. Dr. I. GY. FAZEKAS)

Eingegangen am 2. Mai 1966

Betreffs der Bestimmung der Körperlänge und des Alters menschlicher Feten an Hand von Knochenmaßen finden sich in der Literatur eigentlich nur Angaben, die sich auf die Diaphysenmaße der Extremitätenknochen beziehen (LANDOIS; LANGER; TOLDT; ALGOT KEY ABERG; BALTHAZARD-DERVIEUX; SZÁSZ; ROBB und CLARK; SAETTELE; SIEBERT; OLIVIER und PINEAU, FAZEKAS und KÓSA). Hinweise auf die Schädelknochenmaße der Feten enthalten nur die Mitteilungen von TOLDT und ALGOT KEY ABERG. Aber auch auf Grund der von diesen Autoren angeführten Knochenmaße ist das Alter der Feten nicht in jedem Falle feststellbar, weil die mitgeteilten Knochenmaße sich nur auf wenige Fälle beziehen und andererseits einige gut meßbare Schädelknochen nicht mitverwertet wurden.

TOLDT hat die Schädelknochenmaße von 10, aus verschiedenen Schwangerschaftsperioden stammenden Feten (9,5—52,4 cm Körperlänge) bestimmt, gibt aber nur die Breite des Os sphenoidale (größte, zwischen den seitlichen Enden der großen Flügel gemessene Entfernung) und die Entfernung zwischen den Warzenfortsätzen an. Da diese Maße sich auf den weichteilig zusammenhängenden, intakten Schädel beziehen, können sie in Fällen, wo sich infolge Verwesung die Schädelknochen voneinander gelöst haben, nicht verwendet werden, und so ist es erwünscht, daß für die Schädelknochen auch gesondert exakte Meßdaten zur Verfügung stehen.

ALGOT KEY ABERG hat die Schädel-, Rumpf- und Extremitätenknochen von 21 menschlichen Feten bestimmt, von den Schädelbasisknochen aber nur die Länge und Breite der Pars basilaris ossis occipitalis gemessen. Er gibt die Knochenmaße in drei vom gerichtlich-medizinischen Gesichtspunkt wichtigen Perioden der intrauterinen Entwicklung an. In der ersten Gruppe sind die Maße der reifen (50—54 cm Körperlänge), in der zweiten jene der unreifen, aber lebensfähigen (40—44 cm) und in der dritten die derjenigen Feten angeführt, welche schon lebend geboren werden können (24,5—38 cm Körperlänge).

Bei der Bestimmung der Knochenmaße der aus verschiedenen Schwangerschaftsperioden stammenden Feten, fanden wir [3—8], daß mit den aus der Regressionsgleichung berechneten Verhältniszahlen und mit Hilfe der das Verhältnis zwischen Knochenmaßen und Körperlänge ausdrückenden Regressionsgeraden Körperlänge und Alter unbekannter Feten nicht nur auf Grund der Diaphysenmaße der Extremitätenknochen,

sondern auch auf Grund der übrigen fetalen Knochenmaße, so auch der der Schädelbasisknochen, ermittelt werden können.

Da Körperlänge und Lebensalter der Feten in gewissen Fällen lediglich an Hand der Schädelbasisknochen erforscht werden können, scheint die Mitteilung unserer diesbezüglichen Befunde erwünscht, die in Fällen konkreter Delikte (Kindestötung, krimineller Abort usw.) unter Berücksichtigung der Maße der gefundenen Skeletteile eine befriedigende Feststellung des Lebensalters gestatten.

Untersuchung und Methodik

Es wurden die Schädelbasisknochen (Ala parva, Ala magna, Corpus ossis sphenoidales, Pars petrosa, Pars basilaris ossis occipitalis, Pars lateralis ossis occipitalis) von 138 totgeborenen oder wenige Stunden nach der Geburt gestorbenen menschlichen Feten (71 Knaben und 67 Mädchen mit einer Körperlänge von 9 bis 55 cm) gemessen. Die Körperlänge (Entfernung zwischen Scheitel und Sohle) wurde nach Strecken der unteren Extremitätenknochen — aber ohne zu ziehen — festgestellt. Macerierte Früchte sind in unserem Untersuchungsmaterial nicht enthalten. Sämtliche untersuchten Feten stammten von gesunden Eltern, in deren Anamnese endokrine Erkrankungen, konstitutionelle Anomalien oder Knochensystemkrankheiten nicht nachweisbar waren.

Die verschiedene Körperlängen aufweisenden Feten wurden nach der Haaseschen Regel in Gruppen mit Altersunterschieden von $\frac{1}{2}$ Mondmonat geteilt: in die Gruppe des VIII. Mondmonats wurden die 40 cm langen, aber auch die 39 und 41 cm langen Feten gereiht, die 42—43 cm langen dagegen schon der Gruppe der VIII $\frac{1}{2}$ Monate alten zugeordnet.

Die Schädelbasisknochen der von den Weichteilen befreiten, entfetteten und an der freien Luft getrockneten kindlichen Skelette wurden mit Hilfe eines mit Noniusskala versehenen Rechenschiebers auf 0,1 mm genau gemessen und dabei die folgenden Diagonalen berücksichtigt:

Ala parva ossis sphenoidalis

Länge. Die zwischen der lateralen Spitze des kleinen Flügels der einen Seite und der Mittellinie der Synchronchondrosis intersphenoidalis gemessene Entfernung. Bei jüngeren Feten die Entfernung zwischen der Spitze des kleinen Flügels und dem medialen Ende.

Breite. Entlang des Foramen opticum gemessene größte Entfernung.

Ala magna ossis sphenoidalis

Länge. Zwischen Lamina medialis proc. pterygoidei und dem lateralen Apex des großen Flügels gemessene größte Entfernung.

Breite. Zwischen Spina angularis und dem vorderen Ende des Proc. pterygoideus gemessene größte Entfernung.

Corpus ossis sphenoidalis (Pars posterior)

Länge. Die in der Medianlinie zwischen Synchronchondrosis intersphenoidalis und Synchronchondrosis sphenooccipitalis gemessene Entfernung.

Breite. In der Mittellinie der Fossa hypophyseos gemessene Entfernung.

Pars petrosa et mastoidea

Länge. Entfernung zwischen Apex pyramidis und dem hinteren oberen Ende der Pars mastoidea.

Breite. In der Vertikalebene entlang der Eminentia arcuata gemessene größte Entfernung.

Pars basilaris ossis occipitalis

Länge. Entfernung zwischen dem vorderen Rande des foramen occipitale magnum und der Synchondrosis sphenoccipitalis, in der Mittellinie gemessen.

Breite. In Richtung der lateralen Tuberkel gemessene größte Entfernung.

Pars lateralis ossis occipitalis

Länge. Größte Entfernung zwischen der Synchondrosis intraoccipitalis anterior et posterior.

Breite. Zwischen dem medialen und lateralen Ende der Synchondrosis intraoccipitalis posterior gemessene größte Entfernung.

Ergebnisse und Besprechung

Die Schädelbasisknochen der Feten im III.—X. Mondmonat sind in Tabelle 1 dargestellt, sie entsprechen den durchschnittlichen Schädelbasisknochenmaßen der nach halbmonatigen Altersunterschieden gruppierten Feten.

Zur Analysierung des Verhältnisses zwischen Schädelbasisknochenmaßen und Körperlänge haben wir uns mathematisch-statistischer Methoden bedient:

An Hand der *Regressionsberechnungen* haben wir das für die ganze intrauterine Entwicklungsperiode gültige Verhältnis zwischen Schädelbasisknochenmaßen und Körperlänge ermittelt, indem wir die Regressionsgleichung Schädelbasisknochenmaße: Körperlänge bestimmten und haben dann auf Grund derselben die Regressionsdiagramme (Abb. 1a bis 12a) gezeichnet.

An den Regressionsdiagrammen sind — entsprechend den in Tabelle 1 angeführten Altersgruppen — die durchschnittlichen Maße der untersuchten Schädelbasisknochen in ihrer Funktion zu den durchschnittlichen Körperlängenwerten dargestellt. Die Körperlänge wurde als unabhängige Veränderliche (*X*) und die Schädelbasisknochenmaße als abhängige Veränderliche (*Y*) betrachtet. Auf diese Weise bringt die auf Grund der Knochenmaße aufgenommene Regressionsgerade das zwischen Schädelbasisknochenmaßen und Körperlänge bestehende Verhältnis am genauesten zum Ausdruck. (Die auf Grund der Schädelbasisknochenmaße aufgenommene Regressionsgerade zeigt den für die Schädelknochenmaße der aus verschiedenen Schwangerschaftsperioden stammenden Feten am besten passenden, verallgemeinerten Fall an.)

An den Regressionsdiagrammen sind die durchschnittlichen Schädelbasisknochenmaße mit kleinen Kreisen angedeutet, sie bringen deutlich

Tabelle 1. Fetale Schädelbasisknochenmaße (in mm) auf Grund der Untersuchung von 138 fetalen Skeletten im Alter von III—X Mondmonaten

[illegible]

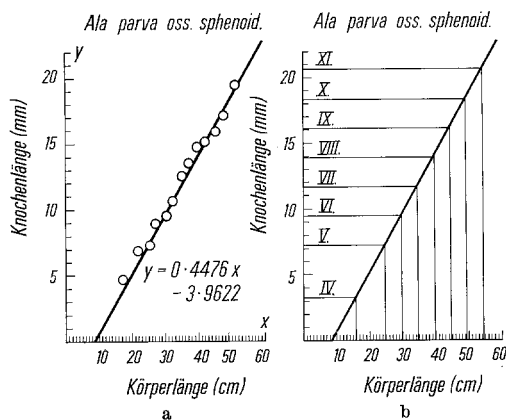


Abb. 1

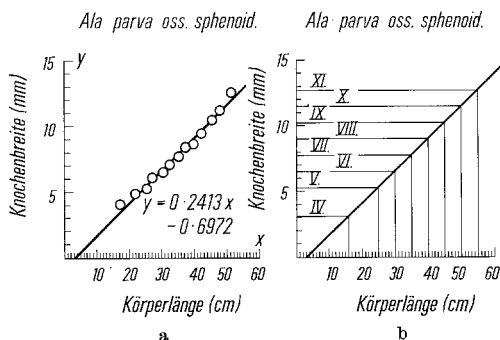


Abb. 2

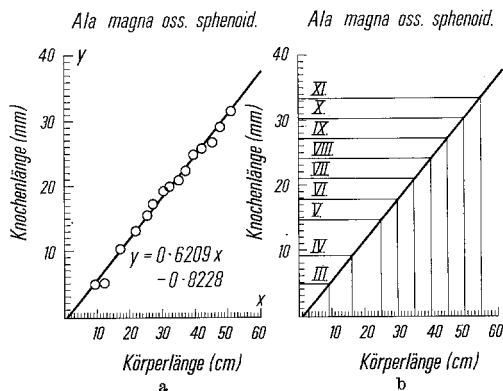


Abb. 3

die Abweichung der durchschnittlichen Knochenwerte von der Regressionsgeraden bei verschiedenen alten Feten, d.h. die Streuung, zum Ausdruck.

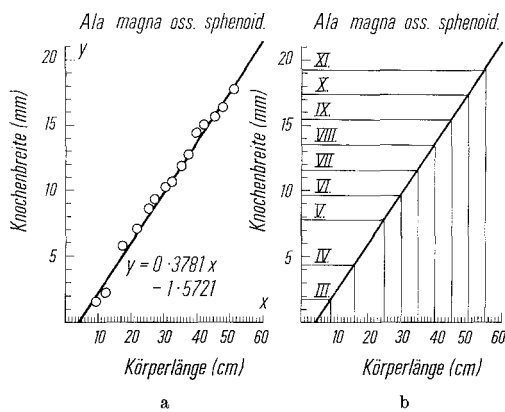


Abb. 4

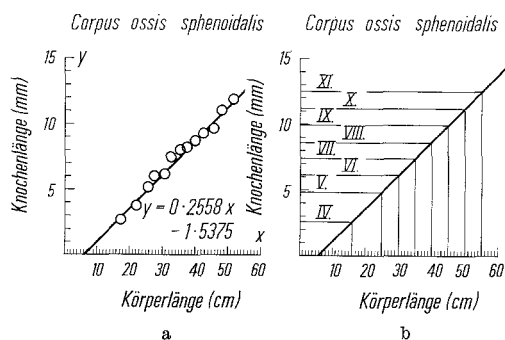


Abb. 5

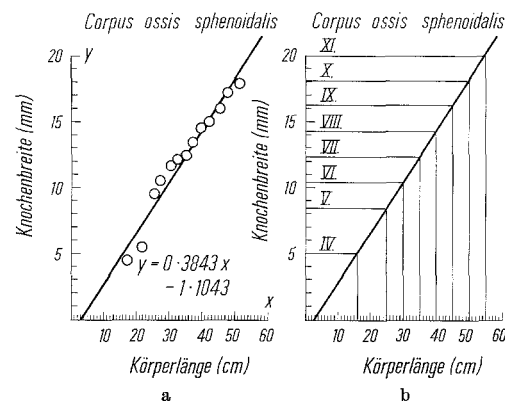


Abb. 6

Mit Hilfe der Regressionsgeraden läßt sich auch das Lebensalter der Feten direkt feststellen. Projiziert man das Maß eines der untersuchten Schädelbasisknochen auf die ihm entsprechende Regressionsgerade und

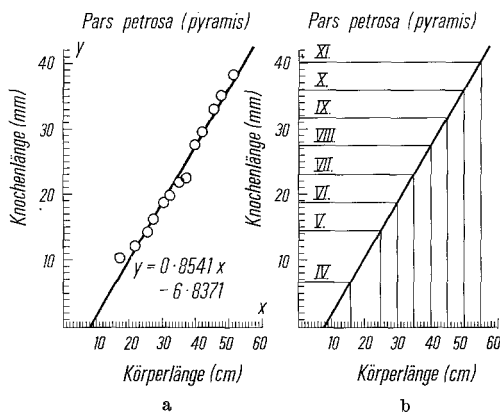


Abb. 7

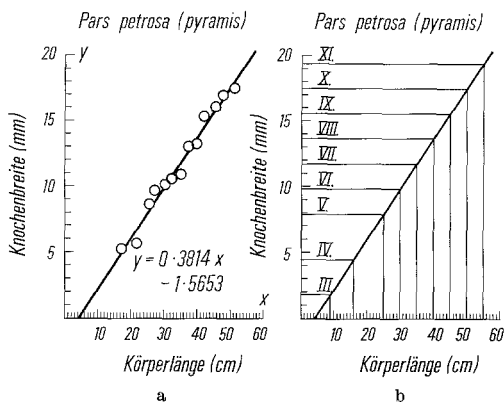


Abb. 8

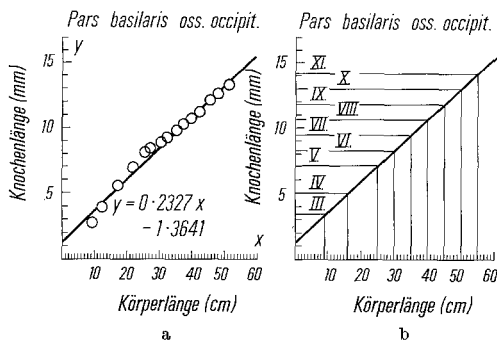


Abb. 9

liest dann an der X-Achse die Körperlänge ab, so erhält man nicht nur die Körperlänge, sondern auch das Lebensalter, da an diesen modifizier-

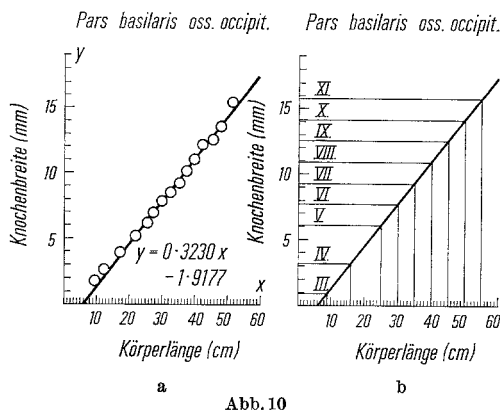


Abb. 10

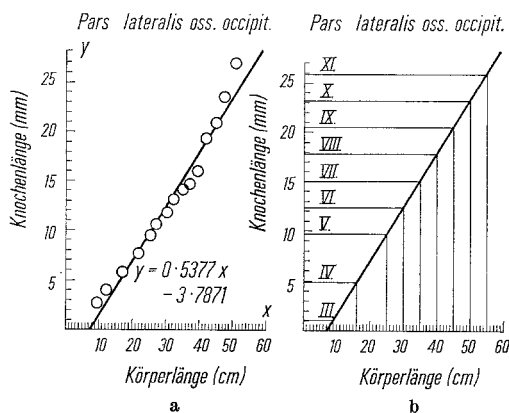


Abb. 11

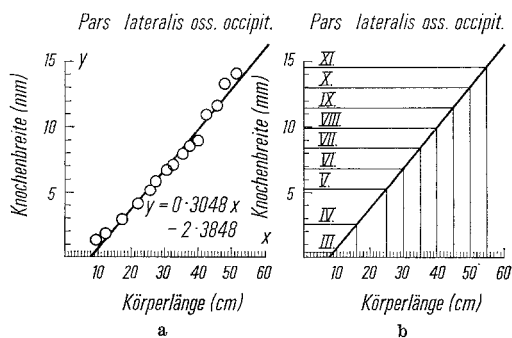


Abb. 12

ten Regressionsdiagrammen streifenförmig auch die Mondmonate eingetragen sind (Abb. 1b—12b).

Tabelle 2. Teildaten der Regressions- und Korrelationsberechnung

Berechnung	Ala parva ossis sphenoidalis		Ala magna ossis sphenoidalis	
	Länge	Breite	Länge	Breite
a = Richtungstangente der Regressionsgeraden	0,4476	0,2413	0,6209	0,3781
b = Konstante der Regressionsgeraden	-3,9622	-0,6972	-0,8228	-1,5721
r = Korrelationskoeffizient	0,9904	0,9915	0,9961	0,9953
S = Signifikanz des Korrelationskoeffizienten	$S \leq 0,1\%$ $S \leq 0,1\%$		$S \leq 0,1\%$ $S \leq 0,1\%$	

Durch Umordnen der für die Schädelbasisknochenmaße berechneten Regressionsgleichungen, d.h. durch Ausdrücken der Körperlänge mit X , resultierten *Verhältniszahlen*, die — mit den Knochenwerten der untersuchten Feten multipliziert — deren Körperlänge ergeben.

Multiplizieren der in Zentimeter ausgedrückten Werte der Schädelbasisknochen mit den von uns festgestellten Verhältniszahlen liefert auch die Körperlänge in Zentimeter.

In Kenntnis der Maße der Schädelbasisknochen können für die einzelnen Knochen die folgenden *Verhältniszahlen* verwendet werden:

Körperlänge (cm) = Ala parva-Länge (cm)	$\times 22,34 + 8,85$
Körperlänge (cm) = Ala parva-Breite (cm)	$\times 41,44 + 2,89$
Körperlänge (cm) = Ala magna-Länge (cm)	$\times 16,11 + 1,33$
Körperlänge (cm) = Ala magna-Breite (cm)	$\times 26,45 + 4,16$
Körperlänge (cm) = Corpus ossis sphenoidalis-Länge (cm)	$\times 39,09 + 6,01$
Körperlänge (cm) = Corpus ossis sphenoidalis-Breite (cm)	$\times 26,02 + 3,87$
Körperlänge (cm) = Pars petrosa-Länge (cm)	$\times 11,71 + 8,00$
Körperlänge (cm) = Pars petrosa-Breite (cm)	$\times 26,22 + 4,10$
Körperlänge (cm) = Pars basilaris ossis occipitalis-Länge (cm)	$\times 42,97 - 5,86$
Körperlänge (cm) = Pars basilaris ossis occipitalis-Breite (cm)	$\times 30,96 + 5,94$
Körperlänge (cm) = Pars lateralis ossis occipitalis-Länge (cm)	$\times 18,60 + 7,04$
Körperlänge (cm) = Pars lateralis ossis occipitalis-Breite (cm)	$\times 32,81 + 7,82$

Um die Art (Innigkeit) des Verhältnisses zwischen Schädelbasisknochenmaßen und Körperlänge zu untersuchen, haben wir auch die Korrelationskoeffizienten (r) der Schädelbasisknochenmaße im Verhältnis zur Körperlänge berechnet. Die Werte der erhaltenen *Korrelationskoeffizienten* stehen im Falle sämtlicher Schädelbasisknochen 1 sehr nahe, und sogar das Quermaß des über den schlechtesten Korrelationskoeffizienten verfügenden Corpus ossis sphenoidalis ($r=0,9669$) ist brauchbar zur Körperlängenermittlung. Die berechneten Korrelationskoeffizientenwerte der Schädelbasisknochenmaße und die den Maßen der Schädelbasisknochen entsprechenden übrigen Berechnungswerte sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

In unseren früheren Arbeiten über die fetalen Skeletmaße [3—5] waren im Falle 0,9 überschreitender Korrelationskoeffizientenwerte die

auf Grund der Schädelbasisknochenmaße und der Körperlänge

Corpus ossis sphenoidalis		Pars petrosa et mastoidea		Pars basillaris ossis occipitalis		Pars lateralis ossis occipitalis	
Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
0,2558	0,3843	0,8541	0,3814	0,2327	0,3230	0,5377	0,3048
—1,5375	—1,1043	—6,8371	—1,5653	+1,3641	—1,9177	—3,7871	—2,3848
0,9915	0,9669	0,9890	0,9874	0,9916	0,9835	0,9848	0,9903
$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$	$S \leq 0,1\%$

bei Altersunterschieden von $\frac{1}{2}$ —1 Mondmonat berechneten signifikanten Differenzwerte sämtlich stark bzw. sehr stark oder wenigstens signifikant, was bedeutet, daß nur in jedem 100. bzw. 1000. Fall die Körperlängen der Feten auf Grund der untersuchten Knochengrößen irrtümlicherweise in die vorstehende oder nächstfolgende Altersgruppe gereiht werden und so Fehler von durchschnittlich 2 cm unterlaufen können. Im Falle der vorliegend erörterten Knochenmaße ist nur die Signifikanz (S) der Korrelationskoeffizienten angegeben, die die Innigkeit des Zusammenhanges ebenso zum Ausdruck bringt, deren Bestimmung aber auf Grund der vorhandenen Daten weniger umständlich ist.

Die Signifikanz (S) der Korrelationskoeffizienten (r) zeigt die Wahrscheinlichkeit dessen an, ob ein enger Zusammenhang bzw. eine Gesetzmäßigkeit zwischen Knochenmaßen und Körperlängenmaßen besteht oder aber der scheinbare Zusammenhang lediglich das Ergebnis eines Zufalles ist. S ist in seinem Wert abhängig von dem Werte (r): je näher r dem Wert 1 kommt, um so kleiner ist auch S .

Wie aus den Daten der 2. Tabelle erhellt, kommen die für alle Schädelbasisknochen berechneten r -Werte 1 sehr nahe zu liegen, was gleichzeitig auch bedeutet, daß alle von uns bestimmten Schädelbasisknochenmaße zur Ermittlung der Körperlänge geeignet sind und die Möglichkeit für Irrungen in der Körperlängenbestimmung höchst gering ist.

Aus dem Wesen dieser Berechnung folgt, daß — sofern $S=0,1\%$ oder kleiner ist — der Zusammenhang allgemein gültig und streng gesetzmäßig ist. Bei der mathematischen Analyse der Schädelbasisknochenmaße ergab sich für S stets ein kleinerer Wert als $0,1\%$ (Tabelle 2).

Auf die Besonderheiten der Entwicklung der Schädelbasisknochen, ihre Formveränderungen und die Herausbildung der einzelnen Formationen können wir hier nicht eingehen, es sei lediglich auf einige an den fetalen Knochen wahrnehmbare morphologische Wandlungen hingewiesen, welche in der Bestimmung der verschiedenen Phasen der intrauterinen Knochenentwicklung von Bedeutung sein können.

Nach unseren Untersuchungen erfährt der Längen/Breitenindex einiger Schädelbasisknochen im Laufe der intrauterinen Entwicklung Veränderungen. So ist z.B. die Pars basilaris ossis occipitalis anfangs ein langes, schmales, flaches Knöchelchen mit einer größeren Länge als Breite. Mit fortschreitender Schwangerschaft ist aber dann der Längen/Breitenindex zugunsten der letzteren verschoben. Diese Umgestaltung erfolgt gewöhnlich im VII¹/₂. Mondmonat der Schwangerschaft (Tabelle 1), wo die Länge immer mehr hinter der Breite zurückbleibt; sie läßt sich auch zur beiläufigen Bestimmung der Lebensfähigkeit des Kindes heranziehen.

Nach unseren Befunden haben wir es — wenn der Trommelring mit der Pyramide, der Pars mastoidea und der Squama temporalis knöchern verschmolzen ist — mit dem Skelet eines reifen oder nahezu reifen Kindes (IX.—X. Mondmonat) zu tun.

Die knöcherne Vereinigung der kleinen Keilbeinflügel mit dem Körper des Keilbeins ist allgemein hin vom VII.—VIII. Schwangerschaftsmonat zu beobachten und bei der Ermittlung der Lebensfähigkeit ebenfalls verwertbar.

Natürlich schließen aber die erwähnten Momente der Knochenentwicklung nicht die Möglichkeit aus, daß eventuelle Entwicklungsanomalien irgendeines inneren Organes Lebensunfähigkeit, und so den Tod des Kindes herbeiführen können.

Zusammenfassung

Verfasser haben Messung der Schädelbasisknochen (Ala parva, Ala magna, Corpus ossis sphenoidalis, Pars petrosa et mastoidea, Pars basilaris, Pars lateralis ossis occipitalis) von 138 totgeborenen oder einige Stunden nach der Geburt gestorbenen menschlichen Feten (71 ♂ und 67 ♀) mit einer Länge von 9—55 cm vorgenommen, die Regressionsgleichung der Schädelbasisknochenmaße im Verhältnis zur Körperlänge, ihre Korrelationskoeffizienten (r) und die Signifikanz (S) der Korrelationskoeffizienten bestimmt.

Mit Hilfe der auf Grund der Schädelbasisknochenmaße konstruierten Regressionsdiagramme können Körperlänge und Alter des fraglichen Fetus schnell und genau ermittelt werden.

Für die Schädelbasisknochen wurden Verhältniszahlen festgestellt, bei deren Anwendung die Körperlänge in Zentimeter erhalten wird, wenn man mit ihnen die Schädelbasisknochenmaße multipliziert.

Summary

The measurements of the cranial bones of 138 human fetuses (ala parva, ala magna, corpus ossis sphenoidalis, pars petrosa et mastoidea, pars basilaris, pars lateralis ossis occipitalis) originating from stillborn

fetuses or new-born infants who died a few hours after birth were determined. The length of the fetuses varied between 9 and 55 cm. There were 71 male and 67 female fetuses. The regression equation, the correlation coefficients (r) as well as the significant (S) of the correlation coefficients concerning the cranial measurements to the body length were determined.

By means of the regression diagrams constructed on the base of the cranial measurements the body length and age of the fetus to be examined may be determined quickly and precisely.

Relative numbers were established for the cranial measurements, by means of which the body length is obtained in cm, on multiplying the cranial measurements with the given relative numbers.

Literatur

- [1] ALGOT KEY ABERG: Über die Größenverhältnisse gewisser Skeletteile menschlicher Embryonen in verschiedener Entwicklung. Vjschr. gerichtl. Med. 3. F., **53**, 206—211 (1917).
- [2] BALTHAZARD, V., et DERVIEUX: Études-anthropologiques sur le foetus humain. Ann. Méd. lég. **1**, 37—42 (1921).
- [3] FAZEKAS, I. GY., u. F. KÓSA: Die Bestimmung der Körperlänge von Feten auf Grund der Masse einiger flacher Knochen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **58**, 127—141 (1966).
- [4] — — Détermination de la longueur d'embryon d'après la dimension du radius. Ann. Méd. lég. **46**, 262—272 (1966).
- [5] — — Neuere Beiträge und vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der Körperlänge von Feten auf Grund der Diaphysenmaße der Extremitätenknochen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **58**, 142—160 (1966).
- [6] — — Recent data and comparative studies about the body length and age of the fetus on the basis of the measurements of the clavicle and shoulderblade. Acta Med. leg. soc. (Liège) **18**, 307—325 (1965).
- [7] — — Données récentes pour la détermination de la longueur et de l'âge d'embryon humain d'après les dimensions des os du bassin. Ann. Méd. lég. **46**, 334—347 (1966).
- [8] — — Measurements of the human fetal ribs. Data about the determination of the body length and age based on the measurements of the ribs. Acta Med. leg. soc. (Liège) **19**, 135—144 (1966).
- [9] LANDOIS, L.: Über das Wachstum der Diaphasen der Röhrenknochen des Menschen während des intrauterinen Lebens. Ein Beitrag zur Entwicklung des Knochensystems. Virchows Arch. path. Anat. **45**, 77 (1869).
- [10] LANGER, K.: Wachstum des menschlichen Skelettes. Denkschr. Ksl. Akad. Wiss. Wien, math. Kl. **31**, 1 (1872).
- [11] OLIVIER, G., et H. PINEAU: Détermination de l'âge du foetus et de l'embryon. Arch. Anat. (Sem. Hop.) **6**, 21—28 (1958).
- [12] — — Nouvelle détermination de la taille foetal d'après les longueurs diaphysaires des os longs. Ann. Méd. lég. **40**, 141—144 (1960).
- [13] ROBB, R., and J. CLARK: Growth of bone-shafts in human fetus. Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.) **31**, 634—636 (1934).
- [14] SAETTELE, R.: Körpergrößenbestimmung menschlicher Früchte an Hand der Längenmaße einzelner Skeletteile oder deren Diaphysen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **40**, 567 (1951).

- [15] SIEBERT, E. O.: Die Altersbestimmung menschlicher Früchte und ihre gerichtlich-medizinische Anwendung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **34**, 471 (1941).
- [16] SZÁSZ, B.: Knochendimensionen des Fetus. I. Internat. Kongr. für gerichtl. u. soziale Medizin. Bonn 1938, S. 518.
- [17] TOLDT, C.: Die Knochen in gerichtlich-medizinischer Beziehung. In MASCHKAS, Handbuch der gerichtlichen Medizin, Bd. III, S. 438. Tübingen: Laupp'sche Buchhandlung (1882).

Prof. Dr. I. GY. FAZEKAS
und Dr. F. KÓSA
Institut für gerichtliche Medizin, Kossuth
Lajos-sgarut 40, Szeged