

## Neuere Beiträge und vergleichende Untersuchungen von Feten zur Bestimmung der Körperlänge auf Grund der Diaphysenmaße der Extremitätenknochen

Dr. I. GY. FAZEKAS und Dr. F. KÓSA

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

Eingegangen am 1. Dezember 1965

Auch in der älteren Literatur finden sich Angaben bezüglich der Skeletmaße reifer und unreifer menschlicher Früchte (ORFILA; MERKEL; RAMBAUD und RENAULT; UFFELMANN; LANDOIS; LANGER; TOLDT), aber es kann nicht behauptet werden, daß in Kenntnis dieser Daten Körperlänge und Lebensalter unbekannter Kinder einwandfrei zu ermitteln sind.

Über die Länge der Extremitätenknochen von Feten sind in der Literatur relativ zahlreiche Mitteilungen erschienen, doch sind die von den einzelnen Autoren angegebenen Knochenmaße sehr abweichende. Die Literatur entbehrt aber einer solchen vergleichenden Studie, welche sämtliche, von den verschiedenen Untersuchern angegebenen Knochenmaße im Verhältnis zueinander bewerten und als Anhaltspunkt dazu dienen würde, welche Verhältniszahl zur Körperlängenbestimmung zweckdienlich anwendbar wäre bzw. die Daten welcher Autoren für die einzelnen Knochen als Literatur-Durchschnittswerte akzeptabel sind.

LANGER hat zur Körperlängenbestimmung auf Grund der Knochen Verhältniszahlen aufgestellt.

Die Untersuchungen von TOLDT sind zur Körperlängenbestimmung weniger verwertbar, da er nur die Daten von drei kindlichen Schädel-, Rumpf- und Extremitätenknochen mitteilt (die sich auf Körperlängen von 30, 48,8 und 52 cm beziehen).

ALGOT KEY-ABERG teilt — nach dem System von TOLDT untersucht — die Skeletmaße von 21 Feten aus den von gerichtsmedizinischem Standpunkt wichtigen drei Perioden der intrauterinen Entwicklung mit. In der 1. Gruppe gibt er die Maße der Schädel-, Rumpf- und Extremitätenknochen der reifen (50—54 cm langen), in der 2. Gruppe die der unreifen, aber lebensfähigen (40—44 cm langen) und in der 3. Gruppe die jener Feten an, die schon lebend geboren werden können (24,5—38 cm).

BALTHAZARD und DERVIEUX haben neue Verhältniszahlen zur Ermittlung der Körperlänge auf Grund der Diaphysenmaße der Extremitätenknochen festgestellt. Nach ihren Befunden werden genauere Ergebnisse erhalten als bei der Langerschen Berechnung.

OLIVIER und PINEAU wiesen nach, daß zwischen den Diaphysen sämtlicher langer Röhrenknochen und der Körperlänge ein sehr enger Zusammenhang besteht, da die Korrelationskoeffizienten der Knochenmaße im Verhältnis zur Körperlänge sämtlich sehr nahe 1 liegen. An Hand mathematischer Methoden wiesen sie nach,

daß zwischen den Diaphysen der Extremitätenknochen und der Körperlänge der Feten das lineare Verhältnis festzustellen ist.

SIEBERT hatte auf Grund der bis zum Jahre 1941 veröffentlichten Daten bezüglich der kindlichen Röhrenknochenmaße Berechnungen angestellt und gefunden, daß die auf Grund der von den verschiedenen Untersuchern angegebenen Knochenmaße erhaltenen Körperlängenwerte stark von den tatsächlichen abweichen.

SZÁSZ stellt im Laufe seiner an 86 aus verschiedenen Schwangerschaftsstadien stammenden Skeleten durchgeführten Untersuchungen fest, daß bei jungen Feten gute Ergebnisse mit der Balthazard-Dervieuxschen Berechnung auf Grund der Femur-Diaphysengröße (Femur  $\times 5,6 + 8$ ) zu erhalten sind, während in den letzten Schwangerschaftsmonaten die Daten genauer ausfallen, wenn man die Mittelwerte der durch Berechnung der Femur-, Tibia- (Tibia-Diaphyse  $\times 6,5 + 8$ ) und Humerus- (Humerus-Diaphyse  $\times 6,5 + 8$ ) Maße erhaltenen Werte berücksichtigt. Außerdem liefert auch die Mandibula zur Körperlängenbestimmung ein gut verwertbares Resultat, weil sie während der ganzen intrauterinen Entwicklung ein gleichmäßiges Längenwachstum zeigt. Nach seinen Befunden kann die Körperlänge der Feten ermittelt werden, wenn man die in Millimeter angegebenen Werte der Mandibula in Zentimeter ausdrückt. Die so erhaltenen Werte weichen fallweise nur um 1—3 cm von der tatsächlichen Körperlänge ab. Die Clavicula dagegen beträgt in der ersten Hälfte der Schwangerschaft annähernd  $\frac{1}{10}$  der Körperlänge des Kindes, bleibt aber in der zweiten Schwangerschaftshälfte in ihrem Wachstum zurück.

Die Feststellungen von SZÁSZ haben nicht nur durch die Untersuchungen von SAETTELE, sondern auch durch die unsrigen bekräftigt werden können. Diese Methode ist trotz ihrer Einfachheit zur annähernd genauen Bestimmung der Körperlängen von Feten unbekanntem Alters ebenso verwendbar wie die Maße jedes beliebigen Extremitätenknochens. SIEBERT hat aber zwischen der auf Grund der Mandibulagröße berechneten und der wirklichen Körperlänge mitunter 1—5 cm, SAETTELE zumindest 4 cm Abweichung gefunden, was in der Altersbestimmung Irrtümer bis zu einem Schwangerschaftsmonat bedeuten kann.

SAETTELE hat bei 100 von gesunden Eltern abstammenden totgeborenen oder wenige Stunden nach der Geburt gestorbenen Feten bekannter Körperlänge (6,2 bis 50 cm Länge) die Diaphysenmaße der Extremitätenknochen sowie auch die Länge der Clavicula und der Mandibula bestimmt und die Ergebnisse der Messungen graphisch dargestellt, wobei an der Ordinate die Knochenmaße und an der Abszisse die Körperlängen eingetragen sind. Obwohl an den Abbildungen die absoluten Werte der einzelnen Knochengrößen ohne Berechnung der Korrelation und der Regression der bestimmten Knochenmaße — eine große Mangelhaftigkeit der Methode — angegeben sind, konnten doch mit Hilfe seines Graphikons auf Grund der Knochenmaße die Körperlänge bzw. das Lebensalter der unbekanntem Feten bestimmt werden.

SAETTELE gibt außer den Diaphysenmaßen — ebenfalls graphisch dargestellt — auch die totale Länge der Extremitätenknochen an.

SAETTELE hat überdies auch auf Grund der Langerschen und Balthazard-Dervieuxschen Verhältniszahlen Nachuntersuchungen angestellt. Bei der Berechnung nach LANGER fand er, daß Multiplizieren der entsprechenden Verhältniszahl des fraglichen Knochens nicht die tatsächliche Körperlänge des Kindes ergibt, da er auf Grund der Femur- und Radiuswerte größere und auf Grund der Tibiawerte kleinere Werte als die tatsächliche Körperlänge erhielt. Am ehesten kamen noch die Mittelwerte der im Falle des Femur, des Radius, der Tibia und des Humerus erhaltenen Daten der wirklichen Körperlänge nahe. Nach BALTHAZARD-DERVIEUX berechnet, fand er 1—3 cm niedrigere Werte als die tatsächliche Körperlänge.

In früheren Mitteilungen wiesen wir darauf hin, daß es kindliche Knochen gibt, die dem Längenwachstum der Frucht proportional sind, d. h. im Laufe des intrauterinen Lebens im engen Verhältnis mit ihr wachsen. Ähnlich wie bei der von SZÁSZ empfohlenen Mandibulagröße haben wir festgestellt, daß auch zwischen der Größe der 3. Rippe bzw. der Radiusdiaphyse und der Körperlänge ein Verhältnis von 1:10 und zwischen Os zygomaticum und Processus temporalis (Entfernung zwischen Processus marginalis bzw. Processus temporalis) sowie dem Längenmaß der Maxilla (Distanz zwischen Spina nasalis anterior und Chiasma suturae medianae et transversae) und der Körperlänge der Kinder von 1:20 zu beobachten ist. So liefern die in Millimeter erhaltenen Werte dieser Knochen in Zentimeter — bzw. in dem Zweifachen desselben — ausgedrückt unmittelbar die Körperlänge des Kindes und machen die Berechnungen mit vielstelligen Zahlen (LANGER; BALTHAZARD und DERVIEUX; OLIVIER und PINEAU) bzw. den Vergleich mit den tabellarischen Daten überflüssig.

Für die übrigen Knochen der Feten konnte zwar ein so leicht wertbares Verhältnis wie 1:10 bzw. 1:20 nicht ermittelt werden, was aber nicht bedeutet, daß auch diese nicht zur Feststellung der Körperlänge gut brauchbar wären und mit ihrer Hilfe das Verhältnis zwischen Knochengröße und Körperlänge nicht in präzisions-mathematischer Form ausgedrückt werden könnte.

An Hand unserer an einem umfangreichen Material durchgeführten Untersuchungen trachteten wir einerseits das genaue Verhältnis zwischen den Extremitätendiaphysen und der Körperlänge festzustellen, andererseits erschien es zweckmäßig, unsere Ergebnisse auch mit den von anderen Untersuchern angegebenen Extremitätenknochenwerten zu vergleichen, um auch im Spiegel der bereits vorhandenen Daten die Verwendung von analogen, der tatsächlichen Körperlänge möglichst nahe kommenden Werten bei der Körperlängenbestimmung zu ermöglichen. Abgesehen von den die Angaben einiger Autoren bewertenden und vergleichenden Untersuchungen von SZÁSZ, SIEBERT und SAETTELE haben wir in der Literatur einschlägige Mitteilungen nicht auffinden können.

### Untersuchungsmaterial und Methodik

Es wurden die Diaphysenmaße der Extremitätenknochen von 138 totgeborenen oder wenige Stunden nach der Geburt verstorbenen menschlichen Feten — 71 Knaben und 67 Mädchen mit einer Länge von 9—55 cm (Scheitel-Fersendistanz) — bestimmt. Beim Messen wurden die unteren Extremitäten — ohne zu ziehen — gestreckt, um eventuelle Fehler in der Längenbestimmung zu vermeiden. Macerierte Früchte gelangten nicht zur Aufarbeitung. Die untersuchten Früchte stammten von gesunden Eltern, in deren Anamnese weder endokrine Krankheiten, Konstitutionsanomalien oder Krankheiten des Knochenystems vorkamen.

Die verschieden langen Feten wurden nach der Haaseschen Regel in Gruppen mit Altersunterschieden von je  $\frac{1}{2}$  Mondmonat eingeteilt (in die Gruppe aus dem VIII. Schwangerschaftsmondmonat kamen z. B. die Feten mit 40 cm Länge, aber auch die mit 39 bzw. 41 cm; in die Gruppe der  $8\frac{1}{2}$  Monate alten jene mit 42—43 cm).

Die Extremitätenknochen der von den Weichteilen gereinigten, entfetteten und an der Luft getrockneten Skelete wurden mit Hilfe eines mit Noniuskala versehenen Rechenschiebers auf 1 mm Genauigkeit gemessen.

### Ergebnisse

Tabelle 1 veranschaulicht die Durchschnittswerte der Diaphysenmaße der verschieden langen, in Gruppen mit Altersunterschieden von je

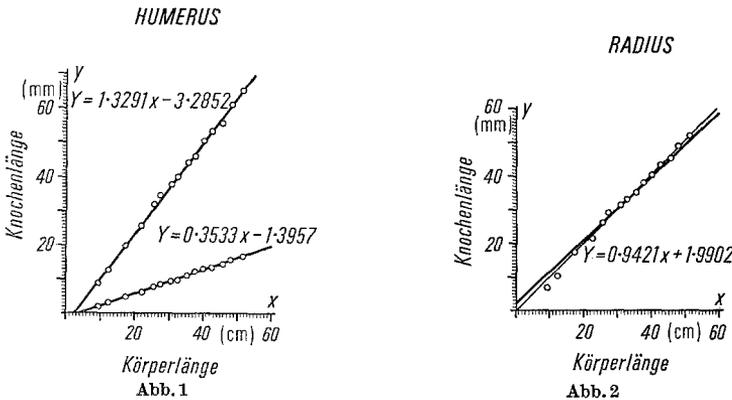


Abb. 1. Regressionsdiagramm und -gleichung des *Humerus*-Diaphysenmaßes im Verhältnis zur Körperlänge. (Die obere Regressionsgerade wurde auf Grund der Länge der *Humerus*-diaphyse und der unteren Regressionsgeraden auf Grund der Breite des distalen Endes der *Humerus*-diaphyse berechnet)

Abb. 2. Regressionsdiagramm und Gleichung der *Radius*-diaphysenlänge im Verhältnis zur Körperlänge. Die feine Linie deutet jene ideale Gerade an, wo die *Radius*-diaphyse in jedem Falle genau  $\frac{1}{10}$  der Körperlänge betrüge

$\frac{1}{2}$  Mondmonat geordneten Feten, wobei angegeben ist, auf Grund wie vieler Fälle die einzelnen Daten erhalten wurden. Wir haben das Verhältnis zwischen Diaphysengröße und Körperlänge mathematisch analysiert, die Regressionsgleichung bestimmt und die Regressionsdiagramme der Extremitätenknochen gezeichnet (Abb. 1—6). Die obige Methode eignet sich deshalb zur Untersuchung des Körperlängen:Knochenverhältnisses, weil die auf Grund der Knochengröße aufgenommene Regressionsgerade die Zusammenhänge zwischen Knochengröße und Körperlänge am genauesten veranschaulicht. Mit der Regressionsgeraden haben wir die Diaphysen-Mittelwerte der Extremitätenknochen in den einzelnen Altersgruppen in Abhängigkeit vom Körperlängendurchschnitt der gleichen Fälle ausgedrückt: So deutet die ermittelte Regressionsgerade den für die einzelnen Maße der aus verschiedenen Schwangerschaftsphasen stammenden Extremitätenknochen am besten passenden,



verallgemeinerten Fall an, d.h. bestimmt das aus den Größen der 138 kindlichen Skelete am präzisesten zu ermittelnde Verhältnis zwischen Knochenmaß und Körperlänge.

An den Regressionsdiagrammen sind auch die Mittelwerte der entsprechend den einzelnen Mondmonaten erhaltenen Knochenmaße angegeben, welche die Abweichungen der Knochengröße in den einzelnen

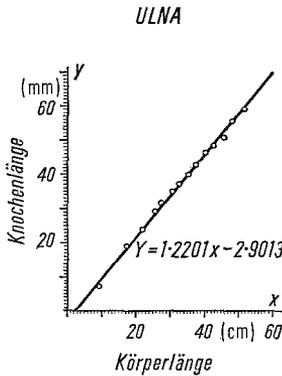


Abb. 3

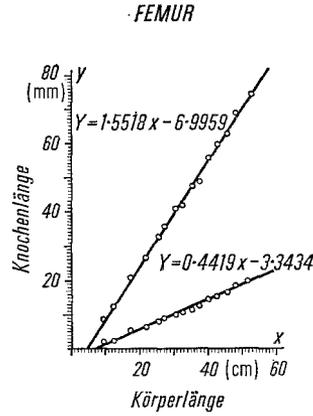


Abb. 4

Abb. 3. Regressionsdiagramm und Gleichung der *Ulnadiaphysenlänge* im Verhältnis zur Körperlänge  
 Abb. 4. Regressionsdiagramm und Gleichung des *Femurdiaphysenmaßes* im Verhältnis zur Körperlänge. (Die obere Regressionsgerade wurde auf Grund der Diaphysenlänge des Femur und die untere Regressionsgerade auf Grund der Breite des distalen Endes der Femurdiaphyse berechnet)

Altersgruppen von der Regressionsgeraden, d.h. die Streuungen, demonstrativ vor Augen führen.

Durch Umordnen der Regressionsgleichung, d.h. durch Ausdrücken der Körperlänge ( $x$ ) haben wir eine der von LANGER, BALTHAZARD und DERVIEUX sowie OLIVIER und PINEAU bestimmten Verhältniszahl ähnliche Gleichung festgestellt, mit deren Hilfe wir die Körperlänge der Feten bis etwa 55 cm genau berechnen können. Wenn man die in Zentimeter gemessene Diaphysenlänge der Extremitätenknochen mit den angegebenen Verhältniszahlen multipliziert, resultiert die Körperlänge des untersuchten Kindes in Zentimeter.

*Die von uns festgestellten Verhältniszahlen*

Humerus-Länge	× 7,524 + 2,4717
Humerus-Breite	× 28,304 + 3,9504
Radius-Länge	× 10,614 - 2,1125
Ulna-Länge	× 8,196 + 2,3779
Femur-Länge	× 6,444 + 4,5082
Femur-Breite	× 22,629 + 7,5659
Tibia-Länge	× 7,236 + 4,9031
Fibula-Länge	× 7,592 + 4,6841

Unsere Verhältniszahlen drücken — auch im Vergleich zu den Literaturangaben — das Verhältnis zwischen Diaphysengröße der Extremitätenknochen und Körperlänge am genauesten aus, deshalb halten wir sie zur Ermittlung der Körperlänge als für am besten geeignet.

Mit Hilfe der Regressionsgeraden läßt sich auch das Alter der Feten bestimmen. Wenn man die Diaphysengröße des zu untersuchenden

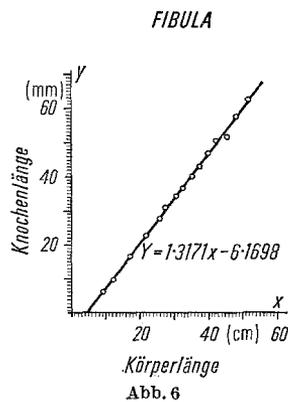
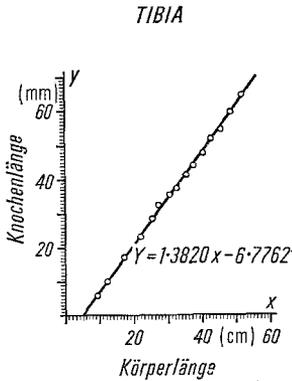


Abb. 5. Regressionsdiagramm und Gleichung der Längenmaße der Tibiadiaphyse im Verhältnis zur Körperlänge

Abb. 6. Regressionsdiagramm und Gleichung der Fibuladiaphysenlänge im Verhältnis zur Körperlänge

Knochens auf die Regressionsgerade projiziert und an der  $x$ -Achse die Körperlänge abliest, so wird nicht nur die Körperlänge, sondern auch das Lebensalter des Feten erhalten, weil an dem Diagramm auch die

Tabelle 2. Wachstum der fetalen Gliedmaßenknochendiaphysen

Lebensalter der Feten (Mondmonate)	Zahl der untersuchten Fälle	Geschlecht		Durchschnittliche Körperlänge cm	Durchschnittliches Gewicht g	Humerus			
		♂	♀			Länge		Breite	
						mm	Wachstum	mm	Wachstum
III	2	1	1	9,5	26,0	8,8	—	1,9	—
IV	12	7	5	15,3	98,4	15,8	7,03	3,8	1,9
V	28	13	15	23,8	284,1	28,8	13,0	6,8	3,0
VI	23	13	10	28,9	514,5	36,0	7,2	8,7	1,9
VII	24	11	13	33,5	766,5	42,0	6,0	10,4	1,7
VIII	20	11	9	38,7	1164,5	48,1	6,1	12,5	2,1
IX	12	8	4	43	1842,5	54,3	6,2	14,0	1,5
X	17	7	10	49,7	3019,3	63,1	8,8	16,2	2,2
Insgesamt	138	71	67						

Mondmonate eingetragen sind. Beim Humerus und Femur haben wir nicht nur die Diaphysenlänge, sondern auch die Breite der distalen Diaphysen gemessen und feststellen können, daß zur Ermittlung des Lebensalters auch dieses Maß geeignet ist (Abb. 7—14).

Außerdem haben wir zum Nachweise der Charakteristika des Verhältnisses zwischen Knochenmaßen und Körperlänge (d.h. wie weitgehend die Mittelwerte des Knochenmaßes der Regressionsgeraden folgen) auch die auf die Körperlänge bezüglichen Korrelationskoeffizienten der Diaphysenlänge — und im Falle des Humerus und Femur auch der distalen Diaphysenbreite — berechnet (Tabelle 3).

Mit der Studentschen Signifikanzberechnung haben wir die Wahrscheinlichkeit der Abweichungen zwischen dem durchschnittlichen Diaphysenmaß der Extremitätenknochen im Verhältnis zur durchschnittlichen Körperlänge der vor- und nachstehenden Altersgruppen (*P*) bestimmt, d.h. mathematisch die Wahrscheinlichkeit dessen ausgedrückt, wie oft die untersuchten Feten auf Grund der Diaphysenmaße der Extremitätenknochen versehentlich der vorhergehenden oder der nächstfolgenden Altersgruppe zugezählt werden können.

In Verbindung mit unseren Fällen haben wir überdies auch das Wachstum der Extremitätenknochendiaphysen in den einzelnen Mondmonaten untersucht (Tabelle 2). Dabei war im IV. und V. Mondmonat ein schnelleres und im VI.—X. ein annähernd gleichmäßiges Wachstum festzustellen.

Dies steht teils im Einklang mit der in anderer Beziehung gemachten Wahrnehmung von GENGENBACH und MALL, die während der intrauterinen Entwicklung der Feten bis zum V. Monat eine schnellere

während der Mondmonate in mm, entsprechend dem III.—X. Mondmonat

Radius		Ulna		Femur				Tibia		Fibula	
mm	Wachstum	mm	Wachstum	Länge		Breite		mm	Wachstum	mm	Wachstum
				mm	Wachstum	mm	Wachstum				
6,7	—	7,2	—	8,5	—	1,9	—	6,0	—	6,0	—
13,6	6,9	15,1	7,9	16,5	8,0	3,7	1,8	13,8	7,8	13,3	7,3
23,8	10,2	26,6	11,5	29,5	13,0	7,1	3,4	25,9	12,1	25,2	11,9
30,2	6,4	33,3	6,7	38,3	8,8	9,3	2,2	34,2	8,3	32,7	7,5
34,5	4,3	38,6	5,3	44,6	6,3	10,9	1,6	39,9	5,7	38,2	5,5
39,5	5,0	44,7	6,1	52,1	7,5	13,3	2,4	46,0	6,1	44,8	6,6
44,5	5,0	49,9	5,2	61,1	9,0	15,8	2,5	53,7	7,7	51,0	6,2
50,3	5,8	57,6	7,7	71,6	10,5	19,3	3,5	62,5	8,8	59,9	8,9



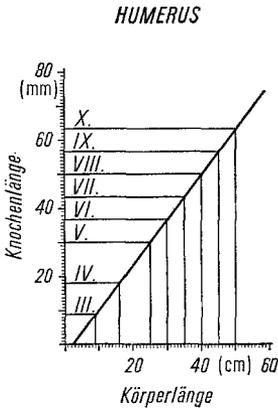


Abb. 7

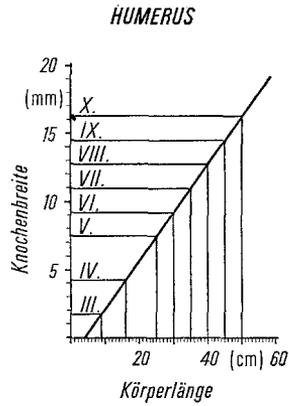


Abb. 8

Abb. 7. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit der auf Grund der *Humerusdiaphysenlänge* berechneten Regressionsgeraden unter Angabe der Mondmonate

Abb. 8. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund der *Breitenmaße des distalen Endes der Humerusdiaphyse* berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate (Ordinatenmaßstab 4fach)

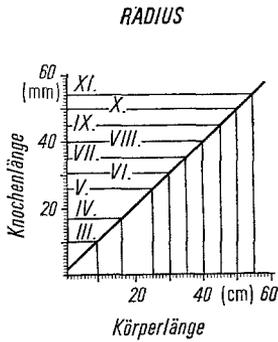


Abb. 9

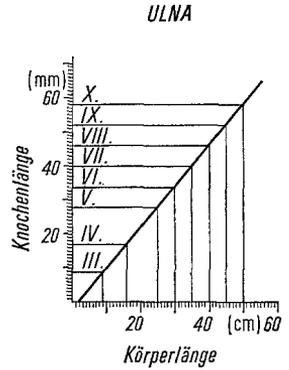


Abb. 10

Abb. 9. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund des *Längenmaßes der Radiusdiaphyse* berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate

Abb. 10. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund der *Ulnadiaphysenlänge* berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate

Zunahme der Körperlänge und dann eine tägliche Verlangsamung des Längenwachstums sahen. Nach GENGEBACH ergibt sich dabei folgendes Wachstumstempo:

- 
- Im III. Mondmonat (84 Tage): 1,9 mm pro die
  - im IV. Mondmonat (112 Tage): 3,2 mm pro die
  - im V. Mondmonat (140 Tage): 2,3 mm pro die
  - im VI. Mondmonat (168 Tage): 2,0 mm pro die
  - im VII. Mondmonat (196 Tage): 1,2 mm pro die
-

Die Ergebnisse der zur Untersuchung der Beziehungen zwischen Diaphysengröße und Körperlänge angestellten mathematischen Berechnungen sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Besonders hervorgehoben

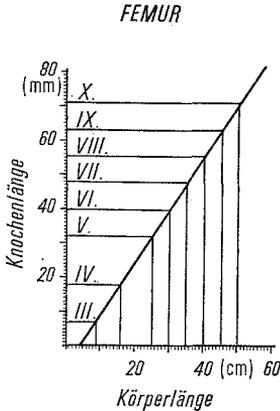


Abb. 11

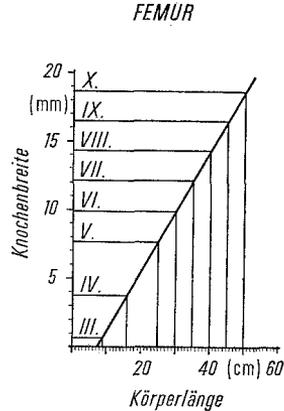


Abb. 12

Abb. 11. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund der Femurdiaphysenlänge berechneten Regressionsgeraden unter Anführung der Mondmonate  
Abb. 12. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund des Breitenmaßes des distalen Femurdiaphysenendes berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate. (Ordinatenmaßstab 4fach)

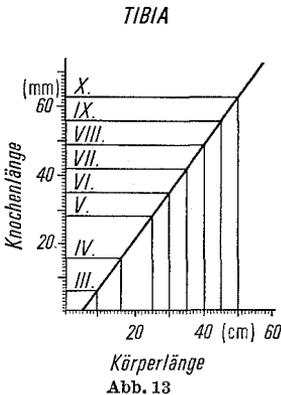


Abb. 13

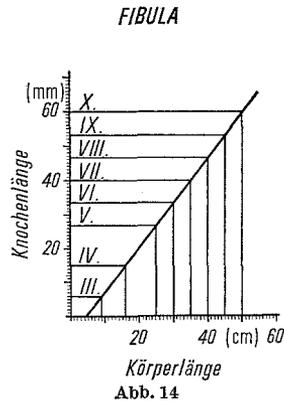


Abb. 14

Abb. 13. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund der Tibiadiaphysenlänge berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate  
Abb. 14. Bestimmung der Körperlänge und des Lebensalters von Feten mit Hilfe der auf Grund der Fibuladiaphysenlänge berechneten Regressionsgeraden — unter Angabe der Mondmonate

seien nur die Ergebnisse bezüglich des Humerus und Radius, da wir hier im Falle einer Genauigkeit von  $\frac{1}{2}$  Mondmonat im Verhältnis zu den übrigen langen Knochen relativ schlechtere Resultate erhielten, weil die berechnete Signifikanz-Differenz =  $P$  1% betrug, d. h. bei jedem hundertsten Fall ein Irrtum in der Körperlängenbestimmung von 2 cm

unterlaufen kann. Bei den übrigen Extremitätenknochen ist auch bei einer Genauigkeit von  $\frac{1}{2}$  Monat die Möglichkeit eines Irrtums geringer als  $1\%$ ; bei einer Genauigkeit von einem Mondmonat ist der für die Diaphysengröße aller Extremitätenknochen berechnete *P*-Wert bereits stark oder sehr stark signifikant, d. h. die Wahrscheinlichkeit, irrtümlicherweise ein Kind um einen Monat älter oder jünger zu bezeichnen, ist wesentlich kleiner als  $1\%$ .

### Besprechung

Gegenüberstellung der von uns bestimmten Extremitätenknochen-diaphysenmaße mit den ähnlichen Daten der Literatur:

*Humerus.* In der Mitte der knorpelig präformierten Diaphyse des Oberarmknochens setzt die Ossifikation gewöhnlich in der 7.—8. Woche bei dem ca. 18 mm langen Embryo ein. Bis zum Alter von  $3\frac{1}{2}$  Mondmonaten ist — nach unseren Befunden — der Humerus länger als der Femur, sie erreichen dann gleiche Länge (humero-femorale Index: 1), und im Laufe der weiteren intrauterinen Entwicklung bleibt wegen des schnelleren Wachstums des Femur der Humerus stets kürzer als der Femur.

Nach den Untersuchungen von SAETTELÉ liegen bei 15 cm langen Feten die Diaphysenlängenwerte von Humerus und Femur einander nahe, doch ist der Femur immer etwas länger als der Humerus. Mit zunehmender Reife wird die Differenz zwischen den beiden Knochen immer größer. Nach eigenen Untersuchungen übertrifft die Länge des Femur die des Humerus nur bei Feten im IV. Mondmonat.

Außer den Längenmaßen der Diaphysen von Humerus und Femur haben wir auch die Breite der distalen Diaphysen bestimmt, die interessanterweise während der ganzen Schwangerschaft annähernd  $\frac{1}{4}$  der Diaphysenlänge betrug.

Von den in der Literatur mitgeteilten Humeruswerten weichen am wesentlichsten die von LANGER bzw. von ROBB und CLARK angegebenen ab, da sie die Diaphysenlänge des zu einer gegebenen Körperlänge gehörenden Humerus mit weit größeren Werten angeben. Während z. B. nach LANGER einer Humerusdiaphysenlänge von 50 mm eine Körperlänge von nur 30,5 cm entspricht, geben die übrigen Untersucher (deren Angaben wir verglichen haben) im Falle einer Humerusdiaphysenlänge von 50 mm — ähnlich unseren Befunden — sämtlich Werte zwischen 39 und 41 cm Körperlänge an, d. h. mit der Langerschen Berechnung werden auf Grund des Humerus kleinere Körperlängenwerte erhalten als die tatsächlichen.

Die von ROBB und CLARK auf Grund der Untersuchung von acht kindlichen Skeleten mitgeteilten Maße, so auch die Humerusdiaphysenwerte, weichen wesentlich ab von denen, die andere Autoren mitgeteilt

bzw. wir in unseren Untersuchungen gefunden haben. So können die Werte von LANGER sowie von ROBB und CLARK zur Körperlängenbestimmung nur mit großen Fehlergrenzen Verwendung finden, weil sie wesentlich unter den tatsächlichen Werten liegende Ergebnisse liefern.

BALTHAZARD und DERVIEUX dagegen geben bis zum VII. Mondmonat auf Grund der Humerus-Diaphysenlänge größere Körperlängenmaße an als andere Autoren bzw. bei Anwendung ihrer Verhältniszahlen kann auf Grund der Humerus-Diaphyse ein höheres Lebensalter als das reelle gefunden werden. Auf Grund der Humerusmaße frühgeborener und reifer Früchte (35—50 cm Länge) werden annähernd gleiche Körperlängenwerte erhalten wie die durchschnittlichen Werte in der Literatur.

SAETTELE, OLIVIER und PINEAU sowie ALGOT KEY-ABERG, TOLDT und UFFELMANN geben — ähnlich wie in unseren Untersuchungen — fast analoge Werte für die einer bestimmten Körperlänge entsprechenden Humerus-Diaphysenlänge an. Die Daten der letzteren Autoren sind zur Körperlängenermittlung sämtlich gut brauchbar. Die unsererseits mitgeteilten Humerus-Diaphysenmaße fallen während der ganzen intrauterinen Entwicklung genau zwischen die von anderen Autoren angegebenen Werte.

*Radius.* In der Mitte der knorpelig präformierten Diaphyse des Radius pflegt die Verknöcherung im allgemeinen beim 19 mm langen Embryo einzusetzen. Bei Früchten im III. Schwangerschafts-Mondmonat ist die Diaphyse des Radius länger als die der Tibia; einen halben Monat später aber ist die Diaphyse der Tibia etwas länger als die des Radius, und von diesem Zeitpunkt an ist infolge des schnelleren Wachstums der Tibia diese das ganze Leben hindurch länger als die des Radius, ja bei reifen Früchten kann sogar fallweise die Tibia auch die Humerus-Diaphyse übertreffen.

Während der ganzen intrauterinen Entwicklung der Feten besteht zwischen der Diaphysenlänge des Radius und der Körperlänge des betreffenden Feten ein Verhältnis von annähernd 1:10. Demzufolge steht zur Bestimmung der Körperlänge bzw. des Alters der Feten eine einfache und schnelle Methode zur Verfügung, die meistens langwierige Berechnungen überflüssig macht, weil ja die an Hand eines großen Materials erhaltenen Meßdaten nahezu analoge Werte lieferten:

$$\text{Körperlänge (cm)} = \text{Radiusdiaphysenlänge (cm)} \times 10,614 - 2,1125.$$

Ein Vergleich unserer eigenen Befunde mit den Angaben in der Literatur bezüglich der Radiusdiaphyse läßt feststellen, daß die von uns angegebenen Radiusdiaphysenwerte während der ganzen intrauterinen Entwicklung inmitten der von anderen Autoren mitgeteilten Meßdaten Platz nehmen. Am meisten weichen von den unsererseits ermittelten

Radiusdiaphysenmaßen die von LANGER, ROBB und CLARK sowie von OLIVIER und PINEAU mitgeteilten Daten ab. Nach der Formel von OLIVIER und PINEAU (Körperlänge = Radiusdiaphysenlänge  $\times$  13,8—2,85) werden weitaus größere und auf Grund der Langerschen Berechnung (Körperlänge = Radiusdiaphysenlänge  $\times$  8,34) kleinere Werte erhalten als die tatsächliche Körperlänge. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß die Multiplikationsziffern LANGERs sich nicht nur auf Feten, sondern auch auf die Knochenmaße von Kindern ganz bis zum 15. Lebensjahre beziehen. LANGER hat seine Verhältniszahlen auf Grund der Knochenmaße eines reifen Neugeborenen, eines 1jährigen Säuglings, eines 3- und eines 6jährigen Kindes sowie eines 15jährigen Knaben berechnet, d. h. seine Daten beziehen sich auf das Pubertätsalter — daher die große Abweichung von unseren Befunden.

SAETTELE, ALGOT KEY-ABERG, TOLDT, RAMBAUD und RENAULT sowie UFFELMANN geben für die Diaphysenlänge des Radius annähernd gleiche Werte an. Die von SAETTELE an einem umfangreichen Material gefundenen Daten kommen den unsrigen am nächsten. Auch seine Untersuchungsergebnisse stimmen mit unseren Feststellungen, wonach die Radiusdiaphysenlänge während der ganzen intrauterinen Entwicklung des Kindes annähernd  $\frac{1}{10}$  der Körperlänge beträgt, überein, doch macht er nicht auf den praktischen Wert dieses Zusammenhanges aufmerksam, sondern erwähnt nur: „Die Wachstumskurven für die Radiusdiaphyse und den verknöcherten Anteil der Mandibula liegen während fast der gesamten Schwangerschaft dicht beieinander.“

*Ulna.* Die Verknöcherung der Ulnadiaphyse beginnt beim ca. 24 mm langen Embryo. Von Beginn ihrer Entwicklung an ist sie länger als der Radius, aber während des ganzen intrauterinen Lebens — und auch später — kleiner als der Humerus. Bis zum V. Schwangerschafts-Mondmonat ist sie länger als die Tibia. Mit  $5\frac{1}{2}$  Monaten aber wird wegen des schnelleren Wachsens der Tibia diese größer als die Ulna. Bei reifen Feten ist die Tibia gewöhnlich schon um 5 mm größer als die Ulna. Die für die Ulna angegebenen Maße sind — abgesehen von den Werten von ROBB und CLARK sowie RAMBAUD und RENAULT — nahezu identisch mit den von ALGOT KEY-ABERG, TOLDT und SAETTELE bzw. den von uns angegebenen Maßen. Neben unseren eigenen Untersuchungen sind die von SAETTELE, OLIVIER und PINEAU, ALGOT KEY-ABERG und TOLDT angegebenen Werte zur Körperlängenbestimmung gut brauchbar.

*Femur.* Die perichondrale Verknöcherung der Femurdiaphyse beginnt zu Ende der 7. Woche bei etwa 18 mm Fetu slänge. Inmitten der distalen Epiphyse tritt der Ossifikationskern etwa im letzten Mondmonat, mitunter auch schon im vorletzten Mondmonat (7%) in Erscheinung, während er in rund 12% erst nach der Geburt sichtbar wird (FISCHEL).

Der Femur ist vom IV. Mondmonat an der längste und dickste Extremitätenknochen. Im III. Monat ist der Humerus länger als der Femur, einen halben Monat später sind sie annähernd gleich lang. Nach unseren Untersuchungen ist der *humero-femorale Index*: 1,0 bei den  $3\frac{1}{2}$  Mondmonat alten Feten zu beobachten. Nach ROBB und CLARK ist dieser Wert bei 3 Mondmonate alten Früchten zu beobachten. Nach SAETTELE liegen bei 15 cm langen (etwa 4 Monate alten) Früchten die Humerus- und Femurdiaphysenwerte einander sehr nahe, doch ist der Femur stets etwas länger als der Humerus, und bei reifen Kindern ist der Unterschied noch ausgeprägter.

Nach MERKEL ist das menschliche Schlüsselbein im II. Mondmonat viel größer als der Oberschenkel- oder der Oberarmknochen; anfangs des III. Monats ist es zweimal so groß, aber noch zu Ende des III. Mondmonats größer als der Humerus und Femur, und dennoch ist nach seinen Befunden zu Ende des fetalen Lebens das Schlüsselbein um 24 mm kürzer als der Humerus ( $52\frac{2}{3}$ —78 mm) und der Femur fast doppelt so groß wie die Clavicula ( $52\frac{2}{3}$ —97 mm).

Den von uns festgestellten Femurdiaphysenwerten stehen die von ALGOT KEY-ÅBERG, TOLDT, OLIVIER und PINEAU sowie SAETTELE mitgeteilten Maße am nächsten. Auf Grund der von diesen Autoren angegebenen Femurdiaphysenmaße sind nahezu identische Körperlängenwerte zu erhalten. Nach unseren Untersuchungen liefert die von BALTHAZARD und DERVIEUX für die Femurdiaphysenmaße angegebene Verhältniszahl in der ersten Schwangerschaftshälfte größere, in der zweiten kleinere Körperlängenwerte als der Wirklichkeit entsprechen. ROBB und CLARK, RAMBAUD und RENAULT sowie LANGER geben noch extremere Werte für die Femurdiaphyse an. Auf Grund dieser Daten resultieren wesentlich niedrigere Körperlängenwerte als die tatsächlichen. Während z. B. LANGER im Falle einer Femurdiaphyse von 50 mm die Körperlänge mit 25,7 cm angibt, gehören nach unseren Untersuchungen und auch nach den Befunden der übrigen Untersucher zu einer solchen Femurdiaphysenlänge Körperlängenwerte von 36—37 cm.

*Tibia.* Die ersten Verknöcherungsspuren bei der Tibiadiaphyse sind nicht lange nach der Ossifikation des Femur, beim etwa 19 mm langen Embryo meistens anzutreffen. In der proximalen Epiphyse ist der Ossifikationskern meistens schon bei der Geburt vorhanden.

Die Tibia ist der drittlängste Extremitätenknochen im embryonalen Leben und wegen seiner typischen Form auch schon im frühen Alter gut zu unterscheiden. In den ersten beiden Trimestern der Schwangerschaft ist die Tibia kürzer, und bei fast reifen oder reifen Feten beinahe ebenso lang wie der Humerus. Bis zum V. Schwangerschaftsmondmonat

ist die Tibia kürzer als die Ulna, von dieser Zeit an aber länger als die Ulna.

Fast stimmen die Untersuchungen von OLIVIER und PINEAU, ALGOT KEY-ABERG, TOLDT, SAETTELE, BALTHAZARD und DERVIEUX mit den unsrigen überein. Auch hier treten die von BALTHAZARD und DERVIEUX angegebenen Maße am deutlichsten hervor als solche, auf Grund deren Verhältniszahlen, ähnlich wie im Falle des Femur, in der ersten Schwangerschaftshälfte größere und in der zweiten etwas niedrigere Körperlängenwerte als die tatsächlichen erhalten wurden. Bei der Tibiadiaphysenlänge von 35 bis 60 mm decken die von den obigen Autoren mitgeteilten Werte beinahe einander, Abweichungen sind kaum zu beobachten. Auf Grund der Verhältniszahlen von LANGER sowie auch der von ROBB und CLARK mitgeteilten Maße ist die Körperlängenbestimmung nur innerhalb großer Fehlergrenzen möglich.

*Fibula.* Die Verknöcherung der Fibuladiaphyse beginnt in der 8. Woche. Im III. Mondmonat stimmt ihre Länge mit der der Tibiadiaphyse überein, und von  $3\frac{1}{2}$  Mondmonaten an bis zum Ende der Schwangerschaft ist sie proportional kürzer als die Tibiadiaphyse. Abgesehen von den von ROBB und CLARK mitgeteilten Werten sind die von anderen Autoren für die Fibuladiaphyse festgestellten Maße die einheitlichsten, und bei diesem Knochen zeigen sich unter den verschiedenen Literaturangaben die geringsten Abweichungen.

Von den Verhältniszißern sind außer den unsrigen die von OLIVIER und PINEAU — mit Ausnahme des Radiuswertes — am besten verwertbar, da auf Grund der Radiusdiaphyse nach der Formel von OLIVIER und PINEAU wesentlich höhere Werte als die tatsächliche Körperlänge erhalten werden. Dies dürfte unseres Erachtens damit zusammenhängen, daß — ebenso wie bei den Verhältniszahlen von LANGER — auch den Berechnungen von OLIVIER und PINEAU nicht nur Feten, sondern auch Kinder ganz bis zu 6 Jahren zugrunde liegen.

Nach unseren Untersuchungen entsprechen die von SAETTELE, TOLDT und ALGOT KEY-ABERG angegebenen Extremitätendiaphysenmaße den durchschnittlichen Diaphysenwerten. Mit den Balthazard-Dervieuxschen Verhältniszahlen kann bei jüngeren Früchten die Körperlänge als etwas größer und bei nahezu reifen bzw. reifen als etwas kleiner festgestellt werden, als der Wirklichkeit entspricht (kleiner Neigungswinkel, mehr quergerichtete Regressionsgerade). Die von LANGER für die Extremitätenknochen angegebenen Verhältniszahlen dagegen sind für Körperlängenrechnungen auf Grund der fetalen Knochenmaße nicht verwertbar, weil sie nicht das Verhältnis zwischen Knochenlänge und Körperlänge der Feten ausdrücken. Auf Grund unserer eigenen und der in der Literatur mitgeteilten Extremitätenknochenmaße erscheinen

und die Verhältniszahlen von LANGER — die schon 1939 den Ärzten bei der Berechnung der Körperlänge unbekannter Feten auf Grund der Extremitätenknochen als offizieller Maßstab dienten — (in: „Der Arzt des öffentlichen Gesundheitsdienstes“) nicht akzeptabel. Auf die Abweichungen der an Hand der Langerschen Verhältniszahlen erhaltenen fetalen Körperlängenwerte haben auch schon SIEBERT und SAETTELE aufmerksam gemacht.

Nach unserer Ansicht kann die Ursache für die Abweichungen in der von den verschiedenen Autoren für die Extremitätenknochen angegebenen Werte folgende sein:

1. Die fetalen Knochen sind in feuchtem Zustande länger als in ausgetrocknetem (FISCHEL),
2. beim unsachgemäßen Präparieren können die Diaphysenenden abbröckeln und kürzer als in ihrem ursprünglichen Zustand werden,
3. fallweise können auch artbedingte Besonderheiten eine Rolle spielen,
4. Bei einer geringen Zahl von Knochenwerten bzw. Auswahl nicht entsprechender Fälle kann das Verhältnis zwischen den einzelnen Knochenmaßen und Körperlängen nicht genau ermittelt werden. Deshalb halten wir — neben unseren eigenen Daten — die an einem großen Material gewonnenen Maße von SAETTELE für sehr wertvoll.

### Zusammenfassung

An 138 totgeborenen bzw. einige Stunden nach der Geburt gestorbenen menschlichen Feten (71 männliche und 67 weibliche) wurden die Diaphysenmaße der Extremitätenknochen bestimmt bzw. das Verhältnis zwischen Diaphysengröße und Körperlänge festgestellt, welches als Unterlage zur Berechnung der Körperlänge auf Grund einzelner Skeletanteile dienen kann. Die untersuchten Feten hatten eine Länge von 9—55 cm. Die von den Weichteilen befreiten, entfetteten und ausgetrockneten Extremitätenknochen wurden mit Hilfe eines Rechenschiebers auf 0,1 mm Genauigkeit gemessen.

Die Feststellung des Verhältnisses zwischen Extremitätenknochen und Körperlänge erfolgte an Hand von Regressions-, Korrelations- und Signifikanzunterschiedsberechnungen (*P*). Auf Grund der für die Extremitätenknochendiaphyse festgestellten Regressionsgeraden kann aus der Diaphysenlänge die Körperlänge genau ermittelt werden. Den Zusammenhang zwischen Extremitätenknochenmaßen und Körperlänge haben wir auch in Form von Verhältniszahlen ausgedrückt. Multiplizieren des in Zentimeter angegebenen Knochenmaßes (im Falle des Humerus und Femur auch die Breite der distalen Diaphyse) mit der betreffenden

Verhältniszahl ergibt die zu dem Extremitätenknochenmaß gehörige tatsächliche Körperlänge in Zentimeter:

---

Körperlänge (cm) =	Humeruslänge (cm) ×	7,524 + 2,4717
Körperlänge (cm) =	Humerusbreite (cm) ×	28,304 + 3,9504
Körperlänge (cm) =	Radiuslänge (cm) ×	10,614 — 2,1125
Körperlänge (cm) =	Ulnalänge (cm) ×	8,196 + 2,3779
Körperlänge (cm) =	Femurlänge (cm) ×	6,444 + 4,5082
Körperlänge (cm) =	Femurbreite (cm) ×	22,629 + 7,5659
Körperlänge (cm) =	Tibiallänge (cm) ×	7,236 + 4,9031
Körperlänge (cm) =	Fibulalänge (cm) ×	7,592 + 4,6841

---

Die von uns mitgeteilten Diaphysenmaße haben wir mit den in der Literatur für die Extremitätenknochen angegebenen Daten verglichen. Zur Bestimmung der Körperlänge von Feten sind die von OLIVIER und PINEAU vorgeschlagenen Verhältniszahlen sowie die von TOLDT, ALGOT KEY-ABERG und SAETTELE angegebenen Knochenmaße anwendbar.

Mit der Berechnung nach BALTHAZARD-DERVIEUX werden unseren Ergebnissen zufolge in der ersten Schwangerschaftshälfte etwas größere und in der zweiten Schwangerschaftshälfte etwas kleinere Werte als die tatsächliche Körperlänge erhalten. Die Langerschen Verhältniszahlen sind zur Ermittlung der Körperlänge auf Grund der fetalen Knochenmaße nur mit großen Fehlergrenzen brauchbar.

### Literatur

- ALGOT KEY-ABERG: Über die Größenverhältnisse gewisser Skeletteile menschlicher Embryonen in verschiedener Entwicklung. *Vjschr. gerichtl. Med.*, III. F., 53, 206—211 (1917).
- BALTHAZARD, V., et DERVIEUX: Études anthropologiques sur le foetus humain. *Ann. Méd. lég.* 1, 37—42 (1921).
- FAZEKAS, I. GY., u. F. KÓSA: Die Bestimmung der Körperlänge von Feten auf Grund der Maße einiger flacher Knochen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* (im Druck). — — Determination de la longueur de corp des embryons après la mesure de radius. *Ann. Méd. lég.* (im Druck).
- FISCHEL, A.: Lehrbuch der Entwicklung des Menschen. Wien u. Berlin: Springer 1929.
- GENGENBACH, A.: Maße und Gewicht von Feten in den früheren Monaten. *Zbl. Gynäk.* 56, 972—975 (1932).
- LANDOIS, L.: Über das Wachstum der Diaphysen der Röhrenknochen des Menschen während des intrauterinen Lebens. Ein Beitrag zur Entwicklung des Knochensystems. *Virchows Arch. path. Anat.* 45, 77 (1869).
- LANGER, K.: Wachstum des menschlichen Skelettes. *Denkschr. Akad. Wiss., Wien, math.-nat. Kl.* 31, 1 (1872).
- MALL, F. P.: Ossification centres in human embryos less than one hundred days old. *Amer. J. Anat.* 5, 433—458 (1906).

- MERKEL, J. F.: Handbuch der menschlichen Anatomie, Bd. 2. Halle u. Berlin 1816.
- OLIVIER, G., et H. PINEAU: Détermination de l'âge du fœtus et de l'embryon. Arch. Anat. (Sem. Hôp.) 6, 21—28 (1958).
- — Nouvelle détermination de la taille foetal d'après la longueurs diaphysaires des os longs. Ann. Méd. lég. 40, 141—144 (1960).
- ORFILA: Zit. HOFMANN-HABERDA, Lehrbuch der gerichtlichen Medizin, 10. Aufl., Bd. 2. S. 992. Berlin N und Wien I: Urban & Schwarzenberg 1923.
- RAMBAUD et RENAULT: Origine et développement des os, p. 191. Paris 1864.
- ROBB, R., and J. CLARK: Growth of bone-shafts in human fetus. Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.) 31, 634—636 (1934).
- SAETTELE, R.: Körpergrößenbestimmung menschlicher Früchte an Hand der Längenmaße einzelner Skeletteile oder deren Diaphysen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 40, 567 (1951).
- SIEBERT, E. O.: Die Altersbestimmung menschlicher Früchte und ihre gerichtlich-medizinische Anwendung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 34, 471 (1941).
- SZÁSZ, B.: Knochendimensionen des Fetus. I. Internat. Kongr. für gerichtl. u. soz. Med., Bonn 1938, 518.
- TOLDT, C.: Über Altersbestimmung menschlicher Embryonen. Prag. med. Wschr. 1879, 121.
- Die Knochen in gerichtlich-medizinischer Beziehung. In: MASCHKAS Handbuch der gerichtlichen Medizin, Bd. III, S. 483. Verl. Der Laupp'schen Buchhandlung, Tübingen 1882.
- UFFELMANN: Zit. LANDOIS.

Prof. Dr. I. GY. FAZEKAS  
Institut für gerichtliche Medizin der Universität  
Szeged (Ungarn), Kossuth Lajos sugárút 40  
Dr. F. KÓSA  
Institut für gerichtliche Medizin der Universität  
Szeged (Ungarn), Kossuth Lajos sugárút 40