

## Methoden zur Lebensalterbestimmung des Femur

H. G. MOSLÉ\* und DAGMAR DÖRING

Pathologisches Institut der Freien Universität Berlin  
(Direktor: Prof. Dr. W. MASSHOFF)

Eingegangen am 12. März 1966

Es ist bekannt, daß sich das Femur im Laufe des Lebens vor allem im Alter verändert. Nach v. LANZ nehmen mit dem Alter Anzahl und Dicke der Knochenbälkchen ab (Dissertation D. DÖRING)<sup>1</sup>.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit Untersuchungen, eine quantitative Beziehung zwischen Form bzw. physikalischen Eigenschaften des Femur und dem Lebensalter zu ermitteln.

Unsere Untersuchungen hatten sich zum Ziel gesetzt, die Verminderung der Spongiosa mit dem Lebensalter quantitativ zu erfassen, und zwar 1. durch direkte Messung und 2. durch die indirekte Methode der Raumgewichtsbestimmung. Weiterhin wurde versucht, allerdings mit negativem Erfolg, eine Formänderung des Femur mit dem Lebensalter quantitativ zu erfassen.

### 1. Direkte Methode

Nach verschiedenen Vorversuchen zeigte es sich, daß eine direkte Ausmessung der Bälkchenbreite am Knochen selbst und auch am Abdruck zu ungenauen Ergebnissen führt. Wir übernahmen daher von der Metallographie die dort übliche Untersuchungsmethode: Das median durchsägte Femur wurde maceriert und dann in ungesättigtem Polyesterharz eingebettet, geschliffen und poliert.

Unter einem Auflichtsmikroskop (Metallux) ließ sich bei 50facher Vergrößerung die Breite der Bälkchen gut ausmessen. Wir projizierten das Bild mit Hilfe eines Prismas auf einen Bildschirm und erhielten eine etwa 100fache Vergrößerung. Dann war es möglich, mit einem Lineal die Breite der Bälkchen auszumessen.

Wir wählten bestimmte Abschnitte aus dem Kopf, dem Hals und dem Trochanter major aus und maßen über dem projizierten Bildausschnitt die Länge der Knochensubstanz aus, addierten diese und setzten sie ins Verhältnis zu dem gesamten Bildausschnitt. Angegeben wird dann die Knochensubstanz in Prozenten.

Abb. 1 zeigt den Prozentsatz der Knochensubstanz gegen das Lebensalter aufgetragen. Wie zu erwarten, fällt die Knochensubstanz mit dem Alter ab. Bis zum Alter von 70 Jahren fällt der Prozentsatz der Knochenbälkchen auf ca. 20% ab, um dann konstant zu bleiben. Anscheinend ist bei 20% die untere biologische Grenze erreicht. Unterschiede zwischen männlich und weiblich sind nicht festzustellen.

\* Technische Universität Berlin, Lehrstuhl II für Werkstofftechnik.

<sup>1</sup> Literatur und Einzelheiten über das technische Verfahren sind der Inaugural-Dissertation DÖRING zu entnehmen (Freie Universität Berlin, 1966).

Diese Abhängigkeit, die im Kopfmittelpunkt am deutlichsten festzustellen ist, ist in Halsmitte und Trochanter nur angedeutet. Wahrscheinlich sind die relativ hohen Streuwerte darauf zurückzuführen, daß weniger Knochensubstanz auch in jüngerem Lebensalter vorhanden ist und die Abnahme der Bälkchenbreite dadurch absolut im Durchschnitt

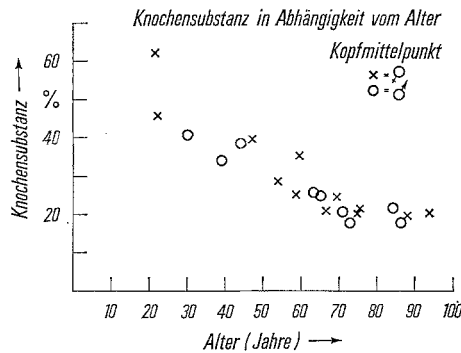


Abb. 1. Knochensubstanz in Abhängigkeit vom Alter

nur gering ist. Kleine Abweichungen der absoluten Werte, die durch die Meßmethode bedingt sind, ergeben dann schon eine hohe relative Abweichung.

## 2. Indirekte Methode

Mit zunehmendem Alter nimmt, wie wir auch unter 1. gesehen haben, die Knochensubstanz ab und wird ersetzt durch Fettgewebe. Die Dichte der Knochensubstanz ist deutlich höher als die Dichte des Fettgewebes. Die Dichte, oder besser hier das Raumgewicht des gesamten Femur, muß sich also mit zunehmendem Lebensalter verringern. Die Raumgewichtsmessungen an 50 Femora verschiedener Lebensalter ergaben eine deutliche Abhängigkeit, wie wir aus Abb. 2 erkennen. Die für diese Untersuchung verwendeten Femora waren sorgfältig von anhaftenden Weichteilen befreit und unter dem Trochanter minor abgesägt worden.

Die Streuung ist relativ groß, doch zeigt der Vergleich der Verteilungskurven, einmal Abhängigkeit vom Alter und zum anderen Abhängigkeit zum Raumgewicht, daß hier ein echter Zusammenhang besteht (Abb. 3).

Die Streuung mag in einigen Fällen durch beginnende Zersetzung und dadurch Gasentwicklung und Verringerung des Raumgewichts zustande kommen (beim Aufsägen wurde die Gasentwicklung bei den Knochen bemerkt, die ein besonders niedriges Raumgewicht hatten.)

Die Streuung ist auch teilweise durch die Unterschiede des Oberflächen-Volumenverhältnisses bedingt, da die spezifisch schwerere Cor-

tialis bei Knochen mit größerer Oberfläche das Raumgewicht zu höheren Werten verschiebt.

Mit Hilfe der unter 1. und 2. geschilderten Methoden muß es möglich sein, eine relativ genaue Lebensalterbestimmung an Knochen unbekannter Herkunft durchzuführen. Für den Fall, daß durch Zersetzungs-

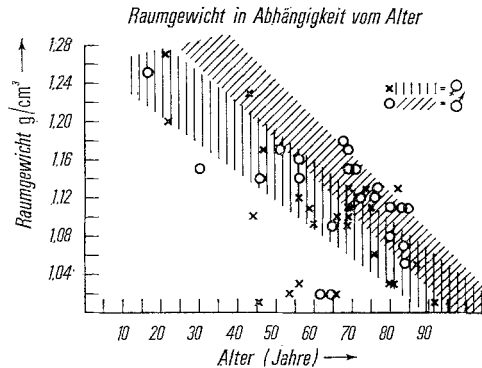


Abb. 2. Raumgewicht in Abhängigkeit vom Alter

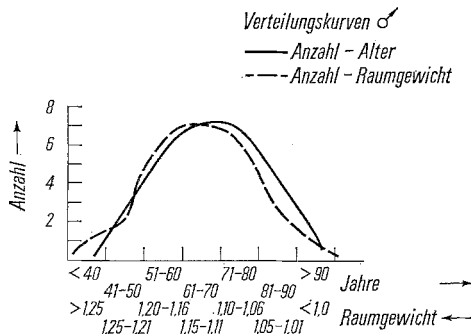


Abb. 3. Verteilungskurven (männlich)

produkte eine einwandfreie Raumgewichtsbestimmung nicht möglich ist, kann das Ausmessen unter dem Mikroskop, insbesondere in der Kopfzone, Hinweise auf das Lebensalter geben.

### 3. Zur Erfassung der Formänderungen des Femur

Um die Formänderung der Femora zu erfassen, war es nötig, die Form der Femora unabhängig von der individuellen Größe zu projizieren. Hierzu wurde, wie Abb. 4 zeigt, der Knochen frontal geschnitten und der tiefste Punkt zwischen Trochanter major und Femurkopf als Bezugspunkt gewählt (Punkt *M*). Die Mitte des Schenkelhalses wurde bestimmt (Punkt *A*), die Verbindung von *A* und *M* über *M* hinaus verlängert und als *y*-Achse definiert. Im Punkt *M* wird dann im Winkel von 90° die

$x$ -Achse aufgetragen. Jeder Punkt des Knochenumfanges ist dann charakterisiert

1. durch den Winkel  $\alpha$ , der gebildet wird von der  $y$ -Achse und der Verbindung zwischen dem Nullpunkt des Koordinatensystems ( $M$ ) und jedem beliebigen Punkt des Knochenumfanges (in Abb. 4 z.B. Punkt  $B$  und  $C$ ); und

2. durch die Länge der Verbindungslinie zwischen dem Nullpunkt und dem Schnittpunkt mit der Knochenumfangslinie (in Abb. 4 die Strecke  $M-B$  oder  $M-C$ ).

Die Umrissse der Knochen lassen sich genügend genau festlegen, wenn jeweils im Abstand von  $10^\circ$  die Strahlen gezeichnet werden.

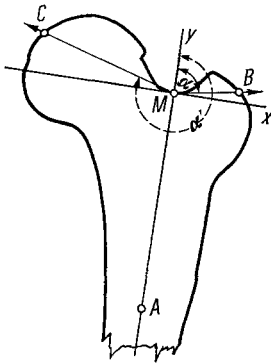


Abb. 4. Projektion der Form der Femura

Um die individuelle Größe der Knochen zu eliminieren, wurde jeder einzelne Streckenwert durch die Länge des größ-

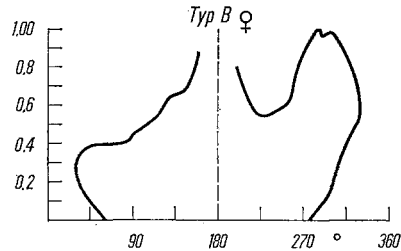


Abb. 5. Projiziertes Femur

ten Abstandes (etwa Punkt  $C$ ) zwischen Femurumriß und  $M$ -Punkt dividiert. Wir erhalten hiermit dimensionslose Zahlen.

Um die Formen der Knochen vergleichen zu können, werden diese relativen Strecken in Abhängigkeit vom jeweiligen Winkel aufgetragen (s. Abb. 5).

Die Kurven kann man aufteilen in fünf charakteristische Abschnitte, die bestimmten Strecken des Femurumrisses entsprechen.

1. Basisbreite, der Tiefe und Breite der Ausbuchtung zwischen Trochanter major und Schenkelhals entsprechen.

2. Ausbuchtung am Anfang der Kurve gegen die  $y$ -Achse, welcher die Größe des Trochanters entspricht.

3. Anstieg gegen eine Parallele zur  $y$ -Achse. Dieser Anstieg entspricht dem Übergang von Trochanter major zum Femurschaft.

4. Jenseits der Parallele beginnt die Kurve mit einer Einbuchtung entsprechend der relativen Breite des Collum femoris.

5. Abfall des Bogens gegen die  $x$ -Achse, welcher als Anhalt für die relative Größe des Femurkopfes gelten kann.

Für die Auswertung nach diesem Verfahren standen 50 Femora zur Verfügung, an denen zuvor das Raumgewicht bestimmt worden war.

Wie aus Tabelle 1 und 2 hervorgeht, konnten die Kurven der männlichen Knochen 7 verschiedenen Formen zugeordnet werden, genannt MA bis MG, die der weiblichen Knochen 4 (WA bis WD), wobei die Form WD am meisten vertreten war.

Tabelle 1. *Femurformen, männlich*

Form	Charakteristik	Anzahl	Alter (Jahre)	Raumgewicht
A	1. Basis schmal 2. Troch. groß 3. Anstieg flach 4. Einbuchtung tief 5. Bogen gerundet	3	41, 80, 83	unter 1—1,11
B	1. breit 2. groß 3. flach 4. indifferent 5. abfallend	3	76, 63, 44	1,12—1,25
C	1. mittel 2. klein 3. steil 4. tief 5. abfallend	6	62, 71, 57, 84, 16, 30	1,02—1,25
D	1. mittel 2. groß 3. flach 4. flach 5. ausladend	5	77, 65, 65, 72, 80	1,02—1,13
E	1. schmal 2. groß 3. steil 4. mittel 5. ausladend	3	69, 72, 68	1,12—1,18
F	1. schmal 2. klein 3. steil 4. flach 5. abfallend	3	39, 68, 88	unter 1—1,16
G	1. breit 2. groß 3. flach 4. tief 5. ausladend	2	86, 52	1,16/17

Für die Schlußfolgerung, daß es typisch männliche Formen (MA, MB, MC, MD, MF) und typisch weibliche Formen (WA, WB) gibt, ist das ausgewertete Versuchsmaterial noch zu gering.

Eine Beziehung zwischen Form und Alter oder Form und Raumgewicht konnte nicht gefunden werden. Anscheinend sind diese Formen konstitutionell bedingt.

Tabelle 2. *Femurformen, weiblich*

Form	Charakteristik	Anzahl	Alter (Jahre)	Raumgewicht
A	1. Basis breit	3	80, 59, 92	1,01—1,11
	2. Troch. klein			
	3. Anstieg steil			
	4. Einbuchtung flach			
	5. Bogen ausladend			
B	1. breit	6	76, 81, 69, 87, 69, 69	1,03—1,13
	2. groß			
	3. flach			
	4. flach			
	5. ausladend			
C	1. breit	5	47, 75, 53, 85, 44	1,02—1,12
	2. sehr groß			
	3. flach			
	4. tief			
	5. ausladend			
D	1. schmal	9	69, 66, 74, 57, 75, 56, 46, 22, 21	1,01—1,27
	2. groß			
	3. steil			
	4. flach			
	5. ausladend			

### Zusammengefaßte Ergebnisse

Eine quantitative Abhängigkeit des Raumgewichtes des Femur vom Lebensalter konnte aufgezeigt werden.

Das Raumgewicht liegt beim männlichen Femur im Alter von 20 Jahren bei 1,30 und fällt etwa linear ab auf 1,14 g/cm<sup>3</sup> beim Lebensalter von 70 Jahren, das weibliche Femur entsprechend von 1,25 auf 1,08 g/cm<sup>3</sup>.

Mit Hilfe einer der Metallographie entlehnten Methode zur quantitativen Erfassung der Knochensubstanz der Spongiosaarchitektur, ergab sich für männliche und weibliche Femora keine charakteristischen Unterschiede. Die Knochensubstanz im Femur-Kopf-Mittelpunkt nimmt von 50% beim Lebensalter von 20 Jahren ab auf 20% Knochensubstanz für 70 Jahre.

Eine geringere und nicht so charakteristische Abnahme wurde auch für die Femur-Halsmitte und Trochantermitte festgestellt.

Eine quantitative Beziehung zwischen Formänderung des Femur und dem Lebensalter konnte nicht nachgewiesen werden.

Nach einer Projektionsmethode wurden 7 Typen männlicher Femora und 4 Typen weiblicher Femora aufgefunden, von denen einige Typen anscheinend geschlechtsspezifisch sind.

### **Zusammenfassung**

Eine quantitative Abhängigkeit des Raumgewichtes des Femur vom Lebensalter konnte nachgewiesen werden. Die Knochensubstanz der Spongiosaarchitektur wurde unter dem Mikroskop vermessen. Es wurde gezeigt, daß die Knochensubstanz mit dem Lebensalter abnimmt. Eine quantitative Beziehung zwischen Formänderung des Femur und dem Lebensalter konnte nicht nachgewiesen werden.

### **Summary**

Methods for Determination of the Age of the Femur-Bone. A quantitative relation of the femur's volumetric weight (bulk density) and age was proved. The bone substance of the spongiosa-structure was measured under the microscope. It became evident that the bone substance decreases with age. A quantitative relation between the change of shape of the femur and age could not be determined.

Priv.-Doz. Dr. H. G. MOSLÉ  
1 Berlin 10, Nithackstr. 24