

## **Morphometrische Untersuchungen am Röntgenbild des Brustbeines**

**K. Teige**

Institut für Rechtsmedizin der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,  
Von-Esmarch-Straße 86, D-4400 Münster, Bundesrepublik Deutschland

### **Morphometric Investigations of X-Rays of the Human Sternum**

**Summary.** Sex determination of a sufficient certainty is possible using measurements (length and breadth) obtained by X-rays of the human sternum. Body height may be determined by X-rays of the human sternum if a wide dispersion is given. The given relations and formulae are valid only when measuring the sterna of adults.

**Key words:** Sex determination by X-rays of the human sternum – Morphometric investigation, human sternum

**Zusammenfassung.** Anhand von am Röntgenbild des menschlichen Brustbeines ermittelter Knochenmaße (Längen und Breiten) ist eine Zuordnung zu den Geschlechtern mit ausreichender Sicherheit möglich. Die Bestimmung der Körpergröße aus den am Röntgenbild des menschlichen Brustbeines gewonnenen Maße ist unter Angabe einer breiten Streuung möglich. Die angegebenen Beziehungen und Formeln haben nur Gültigkeit bei Messungen an Brustbeinen erwachsener Menschen.

**Schlüsselwörter:** Geschlechtsbestimmung, durch Rö-bild des menschlichen Sternums – Morphometrie, Brustbein

### **Einleitung**

Messungen am mazerierten Brustbein zeigten geschlechtstypische Unterschiede. Sie fanden Ausdruck in verschiedenen Formeln und Regeln [3, 4, 5].

Die „149-Regel“ besagt, daß bei männlichen Individuen die Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz 149 mm in 80% der Fälle überschreitet, weibliche Individuen haben entsprechend einen Brustbeinkörper kürzer als 149 mm [1].

Die Dicke des Sternums ist bei männlichen Individuen mit 94%iger Wahrscheinlichkeit dicker als 11 mm, bzw. bei Frauen entsprechend dünner als 9 mm [8].

Für die Breite des Manubriums wird bei männlichen Individuen 67 (50–86) und bei weiblichen 50 (43–66) mm angegeben [4, 6].

Die Länge des Brustbeinkörpers soll bei Männern 114 (75–145) und bei Frauen 75 (69–113) betragen [4, 6].

Die Addition von Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz, Breite im 1. Segment, Breite im 2. Segment, geringste Stärke des Manubriums in der Mittellinie und Stärke des Brustbeinkörpers in der Mitte des 1. Segmentes ergibt für männliche Individuen einen Mittelwert von 233,9 ( $s=16,9$ ) und für weibliche einen solchen von 203,3 mm ( $s=15,5$ ) [2, 3, 10].

Der Sternalindex Manubriumlänge  $\times 100$  / Corpuslänge soll bei männlichen Individuen 46,2 nicht über- und bei weiblichen 54,3 nicht unterschreiten [9, 3].

Eindeutige Beziehungen zwischen Körpergröße und Sternalmaßen ließen sich nicht nachweisen.

Die obengenannten Beziehungen sollen durch morphometrische Untersuchungen am Röntgenbild des Brustbeines überprüft und evtl. durch weitere ergänzt werden.

## Methodik und Ergebnisse

Von 219 Leichen Erwachsener wurde der bei der Leichenöffnung üblicherweise entnommene Teil der vorderen Brustwand geröntgt. Dabei lag die isolierte Brustwand auf einer Kassette mit Verstärkerfolie. Die Belichtung erfolgte bei 50 KV und 40 mAs.

Zur Vermeidung von Meßfehlern, die wegen der leicht vergrößerten Röntgenabbildung der Brustwand auftreten konnten, wurde ein 10 cm langer Messingstab, der der Brustwand auflag, mitgeröntgt. Die Korrektur der Meßwerte, die am Röntgenbild des Brustbeines erhoben wurden, erfolgte über das Abbildungsverhältnis dieses „Maßstabes“.

Im einzelnen wurde bestimmt: die Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz, die Länge des Manubriums, die Länge des Brustbeinkörpers, die Breite des Fugenknorpels,

**Tabelle 1.** Sternalmaße bei Männern und Frauen. Sämtliche Werte sind in mm angegeben. ETA kennzeichnet die Stärke des Unterschiedes. Die besten ETA-Werte sind unterstrichen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt immer weniger als 0,001

|                         | Männer           | $n \text{ ♂}$ | Frauen           | $n \text{ ♀}$ | ETA         |
|-------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|-------------|
| Länge Sternum           | 153,4 $\pm$ 11,8 | 132           | 133,7 $\pm$ 11,5 | 85            | <u>0,63</u> |
| Länge Manubrium         | 47,7 $\pm$ 5,4   | 132           | 43,9 $\pm$ 4,8   | 84            | 0,34        |
| Länge Corpus            | 103,4 $\pm$ 10,7 | 131           | 88,5 $\pm$ 10,8  | 84            | 0,56        |
| Breite Manubrium        | 59,8 $\pm$ 5,4   | 45            | 54,1 $\pm$ 6     | 26            | 0,42        |
| Corpusbreite 1. Segment | 27,1 $\pm$ 3,6   | 133           | 23,2 $\pm$ 3,9   | 85            | 0,46        |
| Corpusbreite 2. Segment | 30,5 $\pm$ 4,4   | 133           | 26,8 $\pm$ 5,2   | 85            | 0,35        |
| Corpusbreite 3. Segment | 34,7 $\pm$ 6,6   | 133           | 30,9 $\pm$ 6,4   | 84            | 0,27        |
| Breite Fugenknorpel     | 1,9 $\pm$ 1,5    | 132           | 1,2 $\pm$ 1,1    | 84            | 0,23        |
| VARO1                   | 195,5 $\pm$ 17,3 | 131           | 169,6 $\pm$ 18,6 | 83            | 0,58        |
| VARO2                   | 46,6 $\pm$ 7,9   | 131           | 50,3 $\pm$ 8,6   | 84            | 0,21        |
| VARO3                   | 269 $\pm$ 15,5   | 45            | 240 $\pm$ 23,6   | 26            | 0,60        |
| VARO4                   | 180,5 $\pm$ 12,3 | 132           | 156,9 $\pm$ 12,9 | 85            | <u>0,67</u> |
| VARO5                   | 210,9 $\pm$ 13,3 | 132           | 183,7 $\pm$ 15,3 | 85            | <u>0,69</u> |

**Tabelle 2.** Beziehung zwischen Sternalmaßen X und Körpergröße Y. Zur Errechnung der Körpergröße (in cm) sind die in mm gemessenen Sternalmaße in die Gleichung  $Y = AX + B$  der jeweiligen Regressionsgeraden einzubringen. Die Werte für A und B sind der Tabelle zu entnehmen. SSF ist der jeweilige Standardschätzfehler. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt immer weniger als 0,01. *n* ist die Fallzahl und *r* der Korrelationskoeffizient. *r*-Werte unter 0,5 haben nur eine geringe praktische Bedeutung

| X                       | A    | B     | SSF | <i>n</i> | <i>r</i> |
|-------------------------|------|-------|-----|----------|----------|
| Sternumlänge            | 0,35 | 115,5 | 8,1 | 176      | 0,54     |
| Sternumlänge nur ♀      | 0,21 | 131,7 | 7,2 | 73       | 0,33     |
| Sternumlänge nur ♂      | 0,21 | 138,9 | 8,1 | 103      | 0,28     |
| Manubriumlänge          | 0,47 | 144,5 | 9,4 | 175      | 0,27     |
| Corpuslänge             | 0,42 | 125,8 | 8,3 | 169      | 0,51     |
| Manubriumbreite         | 0,76 | 124,9 | 9,0 | 62       | 0,46     |
| Corpusbreite 1. Segment | 0,66 | 149,6 | 9,4 | 177      | 0,25     |
| Corpusbreite 2. Segment | 0,37 | 156,7 | 9,6 | 177      | 0,17     |
| Corpusbreite 3. Segment | 0,27 | 159   | 9,6 | 175      | 0,14     |
| VARO1                   | 0,20 | 129,9 | 8,8 | 167      | 0,40     |
| VARO3                   | 0,25 | 102,5 | 8,1 | 63       | 0,61     |
| VARO4                   | 0,32 | 111,3 | 8,1 | 176      | 0,55     |
| VARO4 nur ♂             | 0,20 | 134,8 | 8,1 | 103      | 0,28     |
| VARO4 nur ♀             | 0,19 | 130,1 | 7,2 | 73       | 0,33     |
| VARO5                   | 0,29 | 107,7 | 8,1 | 175      | 0,55     |
| VARO5 nur ♂             | 0,18 | 132,5 | 8,1 | 103      | 0,27     |
| VARO5 nur ♀             | 0,15 | 132,5 | 7,4 | 72       | 0,24     |

die Breite des Manubriums, die Breite des Brustbeines im 1. Segment, die Breite des Brustbeines im 2. Segment und die Breite des Brustbeines im 3. Segment. Die Sektionsberichte lieferten Geschlecht, Alter und Körperlänge.

Die Meßwerte wurden zur elektronischen Datenverarbeitung aufbereitet. Die Auswertung erfolgte im Programmsystem für die Sozialwissenschaften (SPSS [7]). Die Tabellen 1 und 2 zeigen das Ergebnis der statistischen Auswertung.

Beim untersuchten Kollektiv betrug die Körpergröße der Frauen  $160,4 \pm 7,6$  cm ( $n=73$ ) und die der Männer  $171 \pm 8,5$  cm ( $n=104$ ).

VARO1 ist die Summe aus der Länge des Corpus sterni und seiner Breite in den drei Segmenten.

VARO2 entspricht dem Sternalindex: Länge des Manubriums  $\times$  100 / Länge des Corpus sterni.

VARO3 ist die Summe aus der Länge des Sternums ohne Processus xiphoideus, der Breite des Manubriums und der Breite des Corpus sterni im 1. und 2. Segment.

VARO4 ist die Summe aus der Länge des Sternums ohne Processus xiphoideus und der Breite des Corpus sterni im 1. Segment.

VARO5 ist die Summe aus der Länge des Sternums ohne Processus xiphoideus und der Breite des Corpus sterni im 1. und im 2. Segment.

## Diskussion

Statt der „149er-Regel“ hätte eher eine „145er-Regel“ definiert werden können. Nur ein kleiner Teil der von Frauen stammenden Brustbeinen war länger als

145 mm, dafür aber maßen 37% der von Männern stammenden Brustbeine weniger als 150 mm. Im Mittel wurde bei Frauen für das Brustbein ohne Schwertfortsatz eine Länge von 133,7 mm ( $s=11,5$  mm) und bei Männern eine solche von 153,4 mm ( $s=11,8$  mm) bestimmt. Trotz erheblicher Streuung, besonders beim männlichen Kollektiv, ließ sich ein Längenunterschied zwischen den Geschlechtern statistisch sichern. ETA als Maß für die Stärke des Unterschiedes hatte einen Wert von 0,63.

Eine entsprechende Beziehung, jedoch bei etwas stärkerer Streuung der Einzelmeßwerte, ergab die Auswertung der Länge des Brustkörpers. Die mittlere Länge betrug bei Männern 103,4 mm ( $s=10,7$  mm) und bei Frauen 88,5 mm ( $s=10,6$  mm); ETA hatte einen Wert von 0,56.

Ergebnisse mit geringer bzw. keiner Korrelation ergab die Auswertung von Messungen am Manubrium (Länge und Breite) und an den einzelnen Segmenten des Brustbeinkörpers (die jeweilige Breite in Segmentmitte) sowie am Fugenknorpel. Die Werte der Messungen von Laptev [6] ließen sich nur teilweise bestätigen.

Durch Addition erzeugte Kombinationen von Einzelwerten führten zu geringfügigen Verbesserungen bei der Beurteilung von Geschlechtsunterschieden. ETA überstieg aber nur in zwei Fällen 0,6.

So führte die Addition von Korpuslänge, Korpusbreite im 1. Segment, Korpusbreite im 2. Segment und Korpusbreite im 3. Segment (VARO1) zu Mittelwerten von 195,5 mm ( $s=17,3$  mm) bei männlichen und 169,6 mm ( $s=18,6$  mm) bei weiblichen Individuen.

Die Addition von Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz, Breite des Manubriums, Breite des Brustbeinkörpers im 1. Segment und Breite des Brustbeinkörpers im 2. Segment (VARO3) ergab bei Männern einen Wert von 269,4 mm ( $s=15,5$  mm) und bei Frauen 240 mm ( $s=23,9$  mm).

Nicht korrelierende Werte fanden sich für den sog. Sternalindex (VARO2). Eine Zuordnung zu den Geschlechtern ist damit nicht möglich. Zwar war der Mittelwert des Sternalindex bei weiblichen Individuen mit 50,3 größer als der von männlichen, der 46,6 betrug, aber unter Berücksichtigung der Standardabweichungen 7,9 für Männer und 8,6 für Frauen fielen die Meßwerte des überwiegenden Teils der Kollektive in den Überschneidungsbereich, der von 42,4 bis 55,2 reichte. Die statistische Wahrscheinlichkeit für männlich oder weiblich ist in diesem Bereich gleich groß. ETA als Maß für die Stärke des Unterschiedes wies nur einen Wert von 0,22 auf.

Die besten Werte zur Beurteilung von Geschlechtsunterschieden ergab die von der Dürwaldschen Summenformel [2, 8, 10] abgeleitete Beziehung (VARO5):

- Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz
- + Breite des Brustbeinkörpers im 1. Segment
- + Breite des Brustbeinkörpers im 2. Segment

ETA lag mit 0,69 deutlich über den Werten anderer Messungen. An von Männern stammenden Brustbeinen wurde eine mittlere Summe von 210,9 mm, an den von Frauen stammenden eine solche von 183,7 mm gemessen. Die Standardabweichung betrug 13,3 mm (Männer) und 15,3 mm (Frauen). Ein

Überschneidungsbereich Männer/Frauen war praktisch nicht vorhanden. Hier ließe sich eine „198er-Regel“ definieren, deren Aussagekraft die der „149er-Regel“ deutlich übersteigt. Die „198er-Regel“ würde besagen, daß die obengenannte Summe aus Gesamtlänge des Brustbeines und Breite des Brustbeinkörpers im 1. und 2. Segment bei weiblichen Individuen die Zahl 198 nicht überschreitet und bei männlichen entsprechend nicht unterschreitet.

Ähnlich gute Werte ließen sich bereits durch die Summe

Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz  
+ Breite des Brustbeinkörpers im 1. Segment (VARO4)

errechnen. ETA war mit 0,67 nur geringfügig kleiner. Brustbeine männlicher Individuen wiesen zum überwiegenden Teil Summen über 170 mm und weibliche entsprechend unter 170 mm auf. Neben der 149er- und der 198er-Regel ließe sich dementsprechend auch noch eine „170er-Regel“ mit besserer bzw. gleich guter Aussagekraft definieren.

Schwach korrelierende Beziehungen zwischen Körpergröße und Sternalmaßen waren nachzuweisen für die Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz, die Länge des Brustbeinkörpers, die Breite des Manubriums und die durch Addition erzeugten kombinierten Maße VARO3 und VARO4. Unter diesen wiesen die Beziehungen Gesamtlänge Brustbein/Körperlänge mit 0,543 und VARO3/Körperlänge mit 0,61 die besten Korrelationen auf.

Aus der Gesamtlänge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz (X) errechnet sich die Körpergröße (Y) nach der Formel:

$$Y = 0,35 X + 115,5$$

Der Standardschätzfehler beträgt  $\pm 8$  cm. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt unter 0,0001. Die Geschlechtszugehörigkeit ist dabei unerheblich, obwohl sich statistisch sichern ließ, daß die männlichen Individuen des Kollektivs im Mittel größer waren als die weiblichen.

Aus den Summenformeln ließ sich die Körpergröße mit ähnlicher Genauigkeit bestimmen wie aus der Länge des Brustbeines. Besonders geeignet erscheint VARO3. Hier lautet die Formel zur Berechnung der Körpergröße Y:

$$Y = 0,25 X + 102,5$$

X ist die Summe aus Länge des Brustbeines ohne Schwertfortsatz, der Breite des Manubriums, der Breite des Brustbeinkörpers im 1. Segment und der Breite des Brustbeinkörpers im 2. Segment. Der Standardschätzfehler beträgt  $\pm 8$  cm. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt unter 0,0001.

## Literatur

1. Ashley GT (1956) The human sternum. J Forens Med 3 : 27-43
2. Dürwald W (1958) Ein weiteres, leicht anwendbares Geschlechtsmerkmal am Skelett. Vortr Kongr gerichtl Soz Med, Zürich. Zit. nach Prokop O, Göhler W (1975)
3. Dürwald W, Hunger H (1975) Die forensische Osteologie. In: Prokop O, Göhler W (Hrsg) Forensische Medizin, 3. Aufl. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, S 507-544

4. Grüner O, Helmer R (1975) Identifizierung. In: Mueller B (Hrsg) Gerichtliche Medizin, Bd 1. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 156-206
5. Hunger H, Leopold D (1978) Identifikation. Springer, Berlin Heidelberg New York
6. Laptev ZL (1973) Die Geschlechtseigenschaften des Brustbeines in gerichtsärztlicher Hinsicht. Zentral Rechtsmed 6 : 218
7. Nie NH, Hull HC, Jenkins JG, Steinbrenner K, Bent DH (1975) SPSS, 2. Aufl. McGraw-Hill, New York
8. Runkel F (1959) Ein neues Geschlechtsmerkmal am Skelett. Inaugural-Dissertation, Berlin
9. Smith S, Fiddes FS (1955) Forensic medicine. Churchill, London
10. Witschel H, Mangelsdorf R (1971) Geschlechtsunterschiede am menschlichen Brustbein. Z Rechtsmed 69 : 161-167

Eingegangen am 22. November 1982