

Geschlechtsunterschiede am menschlichen Brustbein

H. WITSCHHEL und R. MANGELSDORF

Institut für Rechtsmedizin der Universität Würzburg (BRD)

Eingegangen am 24. April 1971

Sex Differences of the Human Sternum

Summary. 326 sterna (160 male and 166 female) were examined. Measurements and parameters derived from this examination disclose highly significant differences between both sexes. In all cases, however, there was considerable overlapping of both groups. According to our examinations summation of measurements is best suited as suggested by Dürwald. By adding the total length of the sternum without the xiphoid, the breadth of the corpus in the first and second segments and the thickness of the manubrium and that of the corpus in the first segment (all measurements in mm) we obtained average values of 233.9 for male and 203.3 for female sterna. As a standard value we propose 220, as only 20% of the male sterna are below this figure, whereas only 11% of the female sterna exceed it.

Zusammenfassung. Bei der Untersuchung von 326 Brustbeinen (160 männliche und 166 weibliche) fanden wir in einer Anzahl von Abmessungen und daraus abgeleiteten Parametern hoch signifikante Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern. In allen Fällen zeigten sich jedoch erhebliche Überschneidungen zwischen beiden Kollektiven. Zur Geschlechtsbestimmung am Brustbein ist nach unseren Untersuchungen die sog. Summenformel nach Dürwald am besten geeignet. Durch Addition der Gesamtlänge des Brustbeines ohne Xiphoid, der Breite des Corpus im ersten und zweiten Segment sowie der Dicke des Manubrium und der des Corpus im ersten Segment (alle Maße in mm) gelangten wir zu Durchschnittswerten von 233,9 für männliche und 203,3 für weibliche Brustbeine. Als Richtwert ist 220 geeignet, unterhalb welchem nur noch 20% der männlichen Brustbeine liegen, während nur 11% der weiblichen ihn übersteigen.

Key words: Brustbein, Geschlechtsunterschiede — Geschlechtsbestimmung, Brustbein.

Die Identifizierung unbekannter menschlicher Leichen gehört zu den wichtigsten Aufgaben des Rechtsmediziners. Dabei wird neben der Feststellung der Körpergröße, des vermutlichen Alters, des Konstitutionstypus, des Zahnstatus usw. die Geschlechtsbestimmung immer eine wesentliche Rolle spielen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen — etwa bei pathologischen Intersexformen — ist dies an der frischen, nicht zerstörten Leiche ohne weiteres möglich. Große Schwierigkeiten kann die Geschlechtsbestimmung allerdings dann bereiten, wenn der Leichnam stark verwest, zerstückelt oder durch Brand zerstört ist, oder wenn gar nur einzelne Leichenteile bzw. Skeletreste vorliegen. In solchen Fällen ist es wichtig, seine Entscheidung auf möglichst viele, unabhängige Merkmale zu stützen. Dabei kommt den Geschlechtsunterschieden am Knochen die größte Bedeutung zu, da der Knochen naturgemäß zerstörenden Einflüssen am längsten widersteht.

Die Möglichkeit der Geschlechtsbestimmung anhand der Beckenform oder besonderer Merkmale am Oberarm- bzw. Oberschenkelknochen sowie, allerdings nicht so eindeutig, am Schädel dürfte allgemein bekannt sein. Weniger geläufig

ist, daß auch das menschliche Brustbein deutliche Geschlechtsunterschiede aufweist und somit zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden kann.

Wenzel war im Jahre 1788 der erste, der nach Messung von 200 Brustbeinen auf die Geschlechtsunterschiede aufmerksam wurde. 1837 wiederholte Feigel in seinem Handbuch der Anatomie Wenzels Feststellungen, 1853 fanden sie in Hyrtls Anatomiebuch weite Verbreitung und sind seither fälschlicherweise als Hyrtlsches-Gesetz in die Literatur eingegangen. Dieses Gesetz besagt, daß das Verhältnis der Länge des Manubrium zu der des Corpus sterni beim Manne kleiner, beim Weibe größer als 1:2 ist. In der Folgezeit setzten sich eine Reihe von Autoren mit dem sog. Hyrtlschen-Gesetz auseinander. Strauch maß 1881 100 weibliche und 100 männliche Brustbeine und kam zu dem Ergebnis, daß die Geschlechtsunterschiede zur Hauptsache in der Länge des Corpus sterni begründet sind. Er fand ein Verhältnis von Manubriumlänge zur Corpuslänge von 2,0:5,3 beim Manne und 3,0:4,2 bei Frauen. Auch Dwight (1881, 1890) fand den Hauptunterschied in der Corpuslänge. Seine Messungen an 142 männlichen und 86 weiblichen Brustbeinen bewiesen zwar die Gültigkeit des Hyrtlschen-Gesetzes für Durchschnittswerte, ergaben aber im Einzelfall zu große Abweichungen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten in der Folgezeit Petermoller (1890), Krause (1897) und Hintzsche (1925), in deren Untersuchungsgut sich die Mittelwerte zwar deutlich unterschieden, die Überschneidung der beiden Kollektive allerdings zu groß war, als daß man das Hyrtlsche-Gesetz in der forensischen Praxis hätte wirksam einsetzen können.

1956 veröffentlichte Ashley die Ergebnisse seiner Messungen an 573 Brustbeinen von Europäern. Er fand, daß das Hyrtlsche Gesetz nur in etwa 70% der Fälle zutrifft. Benutzt man jedoch den absoluten Wert der Gesamtlänge des Brustbeines ohne Xiphoid von der Incisura jugularis bis zur Incisura costalis VII, dann gilt für 80% aller Brustbeine, daß weibliche unter 149, männliche über 149 mm messen. Jordanidis (1961, 1962) kam bei der Messung von 146 männlichen und 154 weiblichen Brustbeinen zu dem Ergebnis, daß eine Geschlechtsbestimmung in 80,2% der Fälle möglich ist. Das geeignetste Maß sei die Corpuslänge, hier seien die Unterschiede in der Verteilung am größten, wenn auch Überschneidungen vorkämen. Runkel untersuchte 1959 insgesamt 147 männliche und 109 weibliche Brustbeine und entdeckte als relativ zuverlässiges Unterscheidungsmerkmal die Dicke des Corpus sterni im 1. Segment. Die Mittelwerte betragen 11,3 mm für Männer und 9,7 mm für Frauen. Die Überschneidung betrug aber immerhin noch etwa 23%, wenn auch unter 9 mm keine männlichen, über 11 mm keine weiblichen Brustbeine mehr vorkommen sollen. Endlich berichtete Dürwald (1966), daß es ihm gelang, durch Addition von 5 Einzelmaßen zu Indices zu gelangen, die eine einwandfreie Zuordnung der Brustbeine ohne Überschneidungen ermöglichten. Die 5 Maße sind: Gesamtlänge von Manubrium und Corpus, Breite des Corpus im 1. und 2. Segment, Dicke des Manubrium und Dicke des Corpus im 1. Segment. Die Additionswerte betragen 226—262 für männliche, 192—223 für weibliche Brustbeine. Die Ergebnisse wurden allerdings nur an 58 männlichen und 44 weiblichen Brustbeinen gewonnen und bedürfen daher der Bestätigung.

Durch eigene Untersuchungen sollten die von den genannten Autoren angegebenen Werte überprüft und auf ihre Allgemeingültigkeit untersucht werden. Außerdem sollte, falls mit den bisherigen Methoden keine überschneidungsfreie Unterscheidung möglich war, nach weiteren Möglichkeiten gesucht werden.

Material und Methode

Zu diesem Zweck wurden 326 Brustbeine, 160 männliche und 166 weibliche, von Leichen im Alter zwischen 14 und 87 Jahren untersucht. Orientierende Versuche mit Messungen an frischen Brustbeinen, deren Weichteile samt Periost mechanisch abgekratzt worden waren und Vergleichsmessungen an denselben Brustbeinen nach Maceration und Lufttrocknung führten zu stark streuenden Werten. Es wurden daher in der Folge nur noch Brustbeine untersucht, die nach vollständiger Maceration 1 Woche lang an der Luft getrocknet waren. Als Meßinstrumente wurden verwandt: Ein flexibles, geeichtes Stahlbandmaß, eine Schublehre und eine Mikrometerschraube. Die Maße wurden in Millimetern mit einer Kommastelle niedergelegt.

Folgende Maße wurden genommen:

1. Länge des Manubrium sterni in der Mittellinie von der Incisura jugularis bis zum Angulus sterni.
2. Länge des Corpus sterni in der Mittellinie bis zur Verbindungslinie der unteren Ränder der Incisura costalis VII.
3. Dicke des Manubrium in der Mittellinie an der dünnsten Stelle.
4. Dicke des Corpus im 1. Segment in der Mittellinie an der dünnsten Stelle.
5. Geringste Breite des Corpus im 1. Segment.
6. Geringste Breite des Corpus im 2. Segment.
7. Geringste Breite des Corpus im 3. Segment.

Aus den gewonnenen Meßwerten wurden eine Reihe von Summen bzw. Quotienten gebildet, so u. a.:

8. Die Gesamtlänge des Sternum ohne Xiphoid nach Ashley.
9. Der sog. Sternalindex: $100 \times \text{Manubriumlänge} / \text{Corpuslänge}$.
10. Der sog. Breitenindex: $100 \times \text{Breite im 1. Segment} / \text{Breite im 3. Segment}$.
11. Die Summenformel nach Dürwald (s. Einleitung).
12. Breite im 3. Segment/Dicke im 1. Segment.

Für alle Meßwerte bzw. Quotienten (Summen) wurden getrennt nach Männern und Frauen die Mittelwerte und die Standardabweichungen errechnet. Die einzelnen Verteilungen wurden auf Normalität geprüft und ihr Unterschied mit Hilfe des *t*-Tests statistisch gesichert. Mit Hilfe der Berechnung der Häufigkeitsverteilung wurden die Überschneidungen zwischen männlichen und weiblichen Brustbeinen für die verschiedenen Maße sichtbar gemacht. Schließlich wurde noch geprüft, ob die verschiedenen Maße mit Alter und Körpergröße korreliert waren.

Ergebnisse

Mit Ausnahme des sog. Breitenindex [10] zeigte sich in allen hier wiedergegebenen Maßen bzw. Indices ein deutlicher, statistisch hoch signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Brustbeinen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit im *t*-Test lag stets unter 0,001. Obwohl eine Reihe von Maßen nicht ganz normal verteilt waren, dürfen die Unterschiede trotzdem als gesichert gelten, da bei derartig niedriger Irrtumswahrscheinlichkeit erfahrungsgemäß auch ein verteilungsfreier Test nicht zu wesentlich anderen Ergebnissen führt. In der folgenden Tabelle seien die einzelnen Ergebnisse kurz zusammengestellt:

Wie ein Vergleich der Mittelwertdifferenzen mit den Standardabweichungen deutlich gemacht, waren trotz hoch signifikanter Unterschiede die Überschneidungen der beiden Kollektive erheblich. Wir verzichten darauf, die Prozentsätze der Überschneidungen für jedes einzelne Maß anzugeben und beschränken uns auf die drei Maße bzw. Indices, deren Überschneidungen in unserem Untersuchungsgut am geringsten waren, nämlich die Corpuslänge, die Gesamtlänge des Sternum nach Ashley und die Summenformel nach Dürwald. Die folgende Abbildung zeigt die jeweiligen Verteilungen der männlichen und weiblichen Brustbeine und ihre Überschneidungen.

Tabelle 1

	Männer		Frauen		Irrtumswahrscheinlichkeit im <i>t</i> -Test (%)
	Mittelwert	Streuung	Mittelwert	Streuung	
Länge Manubrium	50.3	5.3	46.2	4.6	< 0.1
Länge Corpus	105.8	11.9	89.5	11.0	< 0.1
Dicke Manubrium	9.1	1.2	8.2	1.1	< 0.1
Dicke Corpus im I. Segment	9.2	1.2	8.6	1.1	< 0.1
Breite I. Segment	28.1	3.8	24.0	3.4	< 0.1
Breite II. Segment	31.3	4.7	26.8	3.9	< 0.1
Breite III. Segment	35.7	6.5	30.3	5.6	< 0.1
Gesamtlänge ohne Xiphoid	156.1	13.9	135.7	12.0	< 0.1
$100 \times$ Länge Manubrium Länge Corpus	48.1	7.0	52.4	8.7	< 0.1
$100 \times$ Breite I. Segment Breite III. Segment	79.9	11.5	81.1	13.5	~20
Summenformel nach Dürwald	233.9	16.9	203.3	15.2	< 0.1
Breite III. Segment Dicke I. Segment	3.93	0.83	3.59	0.80	< 0.1

Nach Durchführung der Korrelationsrechnung zeigte sich, daß die genannten drei Maße mit dem Lebensalter korreliert waren, und zwar sowohl bei der Berechnung für alle Brustbeine gemeinsam als auch bei getrennter Berechnung für Männer und Frauen. Eine Korrelation mit der Körpergröße wurde dagegen nur bei der Gesamtberechnung deutlich, nicht jedoch, wenn nach männlichen und weiblichen Brustbeinen unterschieden wurde.

Diskussion

Auch unsere Messungen beweisen, daß es deutliche Geschlechtsunterschiede am menschlichen Brustbein gibt. Sie treten in einer ganzen Reihe von Maßen und Verhältnissen auf, am deutlichsten in den Längenunterschieden, auf denen auch das alte, sog. Hyrtlsche-Gesetz basiert. Als Durchschnittswerte für das Verhältnis Manubrium- zu Corpuslänge errechnet sich aus unserem Material 1:2,103 für Männer und 1:1,937 für Frauen. Diese Zahlen stehen mit denen anderer Autoren in recht guter Übereinstimmung.

Auffallend war jedoch, daß wir für eine ganze Reihe von Maßen und damit auch für eine Reihe abgeleiteter Indices erheblich andere Werte erhielten als einige der zitierten Autoren. Das gilt vor allem für die Untersuchungen Runkels (1959), der als besonders geeignet für die Geschlechtsunterscheidung die Dicke des Corpus

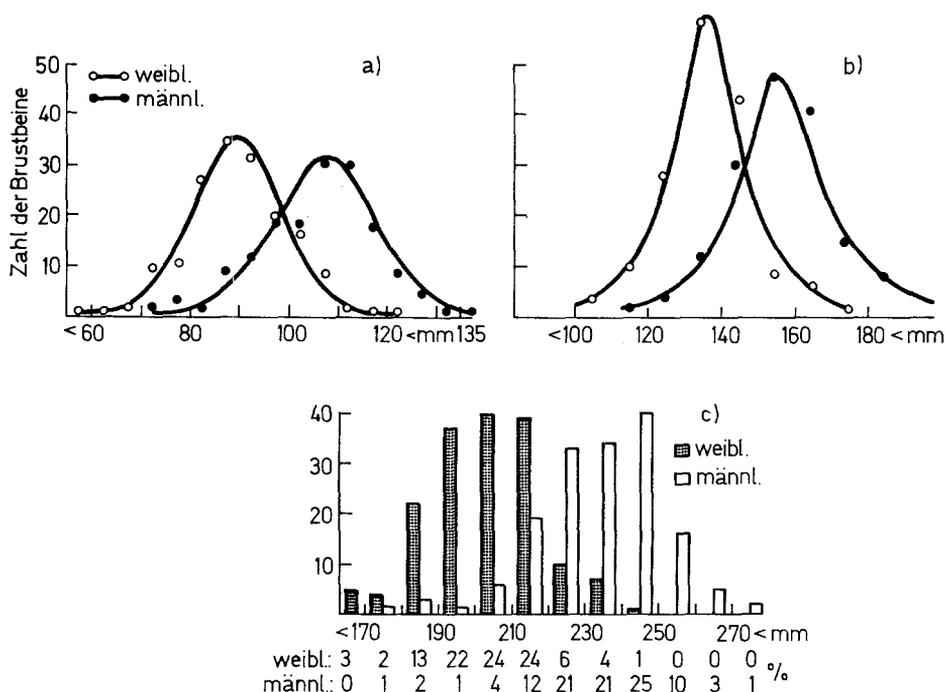


Abb. 1 a—c. Verteilungen einiger Brustbeinmaße. a Corpuslänge, b Gesamtlänge ohne Xiphoid, c Summenformel nach Dürwald

im 1. Segment angab. Seinen Mittelwerten von 9,7 mm für Frauen und 11,3 mm für Männer stehen unsere Durchschnitte von 8,6 bzw. 9,2 mm gegenüber. Während nach Runkels Angaben über 11 mm weibliche und unter 9 mm männliche Brustbeine nicht mehr vorkommen sollen, lagen bei uns 2% der weiblichen Brustbeine über 11 mm, 46% der männlichen unter 9 mm. Der von Paterson (1904) angegebene Breitenindex erwies sich als völlig ungeeignet zur Unterscheidung zwischen den Geschlechtern. Darauf wies bereits Ashley (1955) hin. Auch die von Hentschel (1963) in einer tabellarischen Übersicht dargestellten Werte, die von Dürwald (1966) in das Prokopsche Lehrbuch übernommen wurden, konnten wir in unserem Untersuchungsgut nicht bestätigen. Die erheblichen Differenzen mögen verschiedene Ursachen haben. Während wir unsere Messungen an macerierten, luftgetrockneten Brustbeinen vornahmen, untersuchte Runkel frische Knochen, deren Weichteile mechanisch entfernt worden waren. Petermoller und Strauch maßen teils an frischen Brustbeinen, teils an solchen, die in Carbol oder Chloralhydrat aufbewahrt worden waren. Eine ganze Reihe von Autoren macht zum Zustand der Brustbeine überhaupt keine Angaben, so Dwight, Ashley, Jordanidis, und Dürwald. Hinzu kommt, daß sich am Brustbein zahlreiche anatomische Varianten feststellen lassen. Unregelmäßige Knochenleisten und Zacken erschweren oft die Messungen erheblich. Weiterhin mögen rassische Unterschiede eine Rolle spielen, und schließlich ist auf die Tatsache hinzuweisen, daß ein Teil der Maße mit dem Alter zunimmt, wie außer uns auch Ashley nachweisen konnte. Wenn also in

verschiedenen Stichproben die Altersverteilung verschieden ist, muß das notgedrungen zu unterschiedlichen Werten führen.

Am besten stimmten unsere Messungen mit denen von Ashley (1955) und Jordanidis (1961) überein, die mit 573 bzw. 300 untersuchten Brustbeinen vergleichbares Zahlenmaterial zur Verfügung hatten wie wir. Jordanidis wies besonders auf die Unterschiede in der Corpuslänge hin. Er fand einen Durchschnittswert von 108,2 mm für Männer und 89,1 mm für Frauen. Unsere Messungen führten mit 105,8 und 89,5 mm zu einem ähnlichen Ergebnis, während Ashley 104,7 und 90,8 mm feststellte. Zur Verteilung ist zu sagen, daß sich die beiden Kurven in unserem Untersuchungsgut etwa bei 100 mm überschneiden, und daß oberhalb dieses Wertes noch 19% der weiblichen, unterhalb 30% der männlichen Brustbeine liegen. Auch mit Hilfe der Gesamtlänge des Brustbeines nach Ashley läßt sich eine Unterscheidung zwischen männlichen und weiblichen Brustbeinen recht gut vornehmen. Als Mittelwerte fanden wir 156,1 mm für Männer, 135,7 mm für Frauen, während Ashley 156,9 und 138,7 mm angibt. Entsprechend Ashleys 149er-Regle überschneiden sich auch unsere Verteilungskurven bei etwa 150 mm, wobei nur 10% der weiblichen Brustbeine oberhalb, allerdings 31% der männlichen darunter liegen (20% und 23% bei Ashley). Die beste Unterscheidungsmöglichkeit erzielten wir mit der von Dürwald (1966) angegebenen Summenformel. Der Mittelwert lag in unserem Kollektiv bei 233,9 für männliche und 203,3 für weibliche Brustbeine. Leider konnten wir jedoch die Beobachtung Dürwalds, daß keine Überschneidungen vorkommen, nicht bestätigen. Unsere Verteilungen überschneiden sich bei etwa 220, wobei 11% der weiblichen Brustbeine über diesem Wert, 20% der männlichen darunter liegen.

Weitere Rechenversuche mit verschiedenen Maßen und Quotienten führten zu Ergebnissen, die schlechter waren als die bereits dargestellten. Sie sollen daher nicht weiter behandelt werden. Insgesamt konnten wir also die Hypothese stützen, daß es signifikante Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Brustbeinen gibt. Leider finden sich in allen Maßen und Indices erhebliche Überschneidungen. Man wird daher die Geschlechtsbestimmung nicht alleine auf das Sternum stützen, wird es aber sicher mit Erfolg neben anderen Merkmalen heranziehen dürfen.

Literatur

- Ashley, G. T.: The human sternum. *J. forens. Med.* **3**, 27—43 (1956).
 Dürwald, W.: Die forensische Osteologie. In: O. Prokop, *Forensische Medizin*. Berlin 1966.
 Dwight, T.: The sternum as an index of sex and age. *J. Anat. Physiol.* **15**, 327—330 (1881).
 — The sternum as an index of sex, height and age. *J. Anat. Physiol.* **24**, 527—535 (1890).
 Hentschel, U.: Tabellarische Aufstellung der wichtigsten Knochenmerkmale des Menschen zum Zwecke der Zuordnung zu Geschlecht und Alter. *Z. ärztl. Fortbild.* **57**, 483—489 (1963).
 Hintzsche, E.: Über das menschliche Brustbein. *Verh. anat. Ges. (Jena)*, Erg. H. **60**, 96—105 (1925).
 Hyrtl, J.: *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. Wien: Braumüller 1889.
 Jordanidis, P.: Détermination du sexe par les os du squelette. (Atlas, axis, clavicule, omoplate, sternum.) *Ann. Méd. lég.* **41**, 280—291 (1961).
 — Détermination du sexe par les os du squelette. Conclusions. *Ann. Méd. lég.* **42**, 231—236 (1962).
 Krause, W.: Über das weibliche Sternum. *Int. Mschr. Anat.* **14**, 21—26 (1897).

- Kusonose, T.: Studies on Japanese sternum from point of individual identification. Jap. J. leg. Med. **13**, 34—47 (1959).
- Paterson, A. M.: The human sternum. Liverpool: Williams and Norgate 1904.
- Petermoller, F.: Über den sog. Geschlechtstypus des menschlichen Brustbeines. Inaug.-Diss. Kiel 1890.
- Runkel, F.: Ein neues Geschlechtsmerkmal am Skelett. Inaug.-Diss. Berlin 1959.
- Strauch, M.: Anatomische Untersuchungen über das Brustbein des Menschen mit besonderer Berücksichtigung der Geschlechtsverschiedenheiten. Inaug.-Diss. Dorpat 1881.
- Wenzel: Zit. nach Ashley und Krause.

Dr. med. H. Witschel
D-7801 Hugstetten,
Dreisamstraße 3