

Zum Sexualdimorphismus der Skapula

Randolph Penning und Stefan Müller

Institut für Rechtsmedizin der Ludwig Maximilians-Universität München,
Frauenlobstrasse 7a, D-8000 München 2, Federal Republic of Germany

Sexual Dimorphism of the Human Scapula

Summary. Studies on 96 male and 53 female human right scapulas confirmed a highly significant sexual dimorphism. This sexual dimorphism could also be ascertained for 23 pairs of scapulas from male and female individuals with identical body height. It therefore depends not only on the different average stature of men and women. Using the presented quantitative criteria, the sex of 88% of the bones could be determined correctly, while 4% were misclassified.

Key words: Sex determination, scapula – sexual dimorphism independent of stature

Zusammenfassung. An 96 männlichen und 53 weiblichen menschlichen rechten Schulterblättern wurden – aus der Literatur bekannte – hochsignifikante geschlechtsabhängige Größenunterschiede nachgewiesen. An 23 Schulterblattpaaren konnte gezeigt werden, daß diese Größenunterschiede auch bei identischer Körpergröße von Mann und Frau noch vorliegen und somit bei deutlicher Abhängigkeit von der Körpergröße auch eine rein geschlechtsabhängige Komponente enthalten. 88% der Knochen konnten richtig zugeordnet werden bei 4% Fehlbestimmungen. Die Wahrscheinlichkeit wird dargestellt, mit der bestimmte Meßwerte männlichen oder weiblichen Knochen zuzuordnen sind.

Schlüsselwörter: Geschlechtsbestimmung, Schulterblatt – Sexualdimorphismus, unabhängig von der Körpergröße

Einleitung

Die Form des menschlichen Schulterblattes wird im wesentlichen durch Einwirkung der zahlreichen hier ansetzenden Muskelgruppen bestimmt. Erste Arbeiten über geschlechtsspezifische Unterschiede (Broca, 1878, Dwight, 1887) beruhten deshalb auf der Unterscheidung verschiedener Umrißformen des

Schulterblattkörpers. Auch Untersuchungen zur Konkavität oder Konvexität einzelner Schulterblattränder zeigten Geschlechtsunterschiede (Hrdlicka 1942). Allerdings ist die Aussagesicherheit bei solchen Unterscheidungen für forensische Zwecke ebenso wenig geeignet wie beim Versuch einer Geschlechtsdifferenzierung über die Typisierung der Form des Acromion (Bainbridge u. Genoves Tarazaga 1956). Geschlechtsspezifische Unterschiede zeigten sich ferner in der Größe (Hrdlicka 1942), im Mazerations- wie Frischgewicht sowie in der Schulterblattlänge (Leopold 1978). Hierbei waren jeweils größere Werte dem männlichen und kleinere Werte dem weiblichen Geschlecht zuzuordnen. Zwischen Körpergröße bzw. Körpergewicht und Mazerationsgewicht des Schulterblattes ließ sich eine Korrelation und lineare Regression nachweisen (Leopold 1978).

Von Beuthin (1975) wurde darauf hingewiesen, daß bei nicht vollständig erhaltenen Schulterblättern Meßpunkte im Bereich des kompakten Teiles am Schultergelenk weitgehend unverändert erhalten bleiben. Mit einer Summenformel aus 7 Meßwerten und einem postulierten Trennwert ordnete er 150 von 155 Schulterblättern richtig zu. Von Leopold (1978) wurde diese Summenformel zur Vermeidung von Meßungenauigkeiten auf 4 eindeutig definierte Meßwerte (Höhe und Breite der Facies articularis sowie Abstand von Acromion bzw. Processus coracoideus bis zum tiefsten Punkt der Gelenkfläche) reduziert. Er ermittelte bei dieser neuen Summenformel einen Grenzwert von 177 mm, der eine Differenzierung der Geschlechter erlaubt und wies darauf hin, daß das Schulterblatt bei der Geschlechtsdifferenzierung auch in den neueren Lehrbüchern nicht den Stellenwert erhalte, der ihm zustehe.

Anstoß für unsere Untersuchungen war ein Skelettfund (defensive Leichenzerstückelung). Schädel und Halswirbelsäule fehlten, die Ober- und Unterarmknochen waren offensichtlich von Tieren verschleppt worden. Das Skeletalter ließ sich auf 18 bis 20 Jahre eingrenzen. Die Beckenknochen konnten bei beidseitiger schwerer Hüftmißbildung zur Geschlechtsdifferenzierung ebenso nur mit Einschränkung herangezogen werden wie die Femurköpfe. Die Maße der langen wie kurzen Röhrenknochen sprachen eindeutig für ein weibliches Skelett, ebenso die Vermessung des Schulterblattgelenkanteils nach Beuthin/Leopold. Letztere versprach nach der zur Verfügung stehenden Literatur die beste Trennmöglichkeit.

Die Geschlechtsdifferenzierung an den Röhrenknochen wie am Schulterblatt beruht jedoch auf der empirischen Feststellung, daß bestimmte Meßstrecken oder Knochengewichte im Mittelwert bei Männern mehr oder weniger deutlich größer sind als bei Frauen. Mit unseren Untersuchungen sollte deshalb für das Schulterblatt geprüft werden, ob solche als „geschlechtsspezifisch“ angesehenen Unterschiede im Knochenbau nicht allein auf der unterschiedlichen Durchschnittskörpergröße von Frau und Mann beruhen.

Material und Methode*

Untersucht wurden 149 post sectionem entnommene rechte Schulterblätter, 96 männliche und 53 weibliche. Da der Einfluß der Körpergröße auf die Ausmaße des Schulterblattes geprüft

*Die Untersuchungen wurden von St. Müller im Rahmen einer Dissertation durchgeführt

werden sollte, wurde die Untersuchung auf das Lebensalter zwischen 18 und 45 Jahren beschränkt, um Veränderungen durch Wachstums- bzw. Involutionvorgänge möglichst auszuschließen. Nach mechanischer Reinigung von Weichteilen und 14tägiger Autolyse wurden die Knochen wie folgt mazeriert: Nach 14tägigem Bad in 1%iger Waschlaugen-Lösung („Persil“) bei 60°C wurde 18 Stunden bei 87°C mit 99% Trichloräthylen entfettet. Nach 2stündiger Bleichung in 40%iger H₂O₂-Lösung wurden die Knochen 10 Stunden gewässert, anschließend mindestens 2 Monate bei Raumtemperatur luftgetrocknet.

Planimetriefläche

Das gebleichte Schulterblatt wurde zur Kontrasterhöhung mit einem schwarzen Tuch überdeckt und mit der Ventralfläche aufliegend fotokopiert. Die resultierende Abbildung im Maßstab 1 zu 1 zeigt die Ventralfläche des Schulterblattes incl. Coracoid, das Acromion wird nicht abgebildet. Planimetriert wurde mit Hilfe eines Digiplan-Gerätes der Fa. Contron.

Bestimmt wurden ferner das Gewicht nach Mazeration, die Höhe (vom höchsten Punkt des Angulus medialis bis zum tiefsten Punkt des Angulus inferior) sowie die Breite (vom Unterrand der cavitas glenoidalis bis zum ausladendsten Punkt des Margo medialis in etwa gleicher Höhe).

Zur Summenformel nach Beuthin/Leopold wurden folgende 4 Meßwerte addiert (vergl. Leopold 1978, S. 141): Die größte Breite der Cavitas glenoidalis sowie die 3 Entfernungen vom tiefsten Punkt der Cavitas glenoidalis zum höchsten Punkt der Cavitas glenoidalis, zum höchsten Punkt des Acromion und zum höchsten Punkt des Coracoid.

Andere Meßwerte wie z.B. Länge und Dicke der Spina scapulae erwiesen sich als wenig aussagekräftig.

Paarbildungen

Aus den vorhandenen Schulterblättern ließen sich 23 Paare (je 1 männlicher und 1 weiblicher Knochen) von Personen mit annähernd identischer Körpergröße und identischem Körpergewicht bilden. Der Körpergrößenunterschied betrug maximal 1 cm, der Gewichtsunterschied zwischen 0 und 4 kg, im Durchschnitt 1,9 kg. Die ersten ca. 100 Schulterblätter wurden im Sektionsgut fortlaufend entnommen. Gegen Ende der Untersuchung wurden jedoch zur Ermöglichung der Paarbildung Männer unter 170 cm und Frauen über 165 cm Körpergröße bevorzugt entnommen.

Ergebnisse

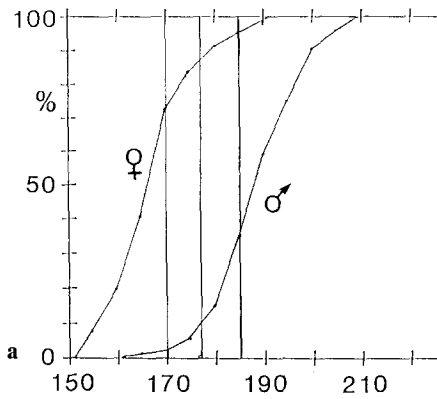
Die durchschnittliche Körpergröße der Männer betrug 173,4 cm (152–189 cm), die der Frauen 163,6 cm (150–181 cm). Das Durchschnittskörpergewicht lag bei 70,2 kg bzw. 58,1 kg. Für Summenformel nach Beuthin/Leopold, Planimetriefläche, Mazerationsgewicht, Schulterblatthöhe und -breite wurden zunächst die Mittelwerte für die 96 männlichen sowie die 53 weiblichen Schulterblätter gebildet. Die Mittelwerte unterschieden sich jeweils hochsignifikant. Die entsprechenden Werte zeigt Abb. 1. Auch die Mittelwerte der Einzelmeßstrecken der Summenformel unterschieden sich hochsignifikant im angewandten Student-Fischer-Test. Auch bei ihnen überschritt sich in keinem Fall der 1-Sigma-Bereich von männlichen bzw. weiblichen Knochen.

Abbildung 2 zeigt für die 5 Meßwerte in kumulativen Kurven die Verteilung der weiblichen und der männlichen Werte. Bei weiblichen Schulterblättern lag die Summenformel zwischen 151 und 191 mm (Mittelwert: 166,5 ± 8,4 mm, bei

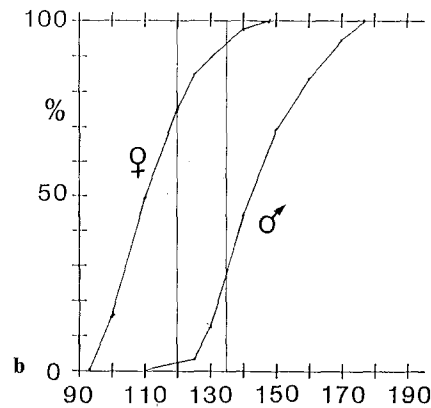
	Männer (n = 96)			Frauen (n = 53)		
	Mittelwert	Streuung	Min/Max-Wert	Mittelwert	Streuung	Min/Max-Wert
Summenformel ($p = 4,1 \times 10^{-10}$)	188,0 mm	$\pm 8,9$ mm	161–209 mm	166,5 mm	$\pm 8,4$ mm	151–191 mm
Planimetriefläche ($p = 3,7 \times 10^{-10}$)	143,4 cm ²	$\pm 13,2$ cm ²	110–177 cm ²	112,0 cm ²	$\pm 12,0$ cm ²	93–148 cm ²
Mazerationsgewicht ($p = 7,3 \times 10^{-10}$)	74,1 g	$\pm 13,7$ g	47–126 g	50,2 g	$\pm 8,0$ g	37–78 g
Größte Höhe ($p = 1,6 \times 10^{-9}$)	16,1 cm	$\pm 0,9$ cm	14,2–19,1 cm	14,2 cm	$\pm 0,9$ cm	12,8–16,0 cm
Größte Breite ($p = 2,5 \times 10^{-9}$)	11,4 cm	$\pm 0,6$ cm	10,1–13,0 cm	10,3 cm	$\pm 0,5$ cm	9,4–11,4 cm

Abb. 1. Mittelwerte und Extremwerte von 5 Meßparametern bei rechten Schulterblättern (Männer und Frauen im Alter von 18 bis 45 Jahren)

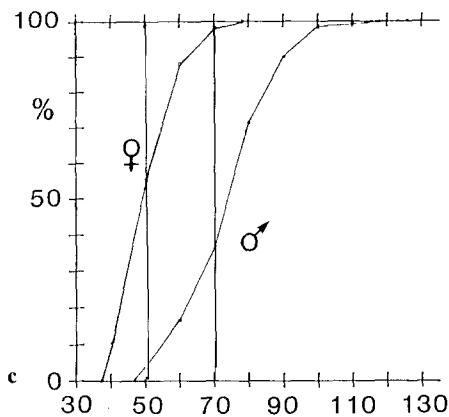
Summenformel nach Beuthin/Leopold



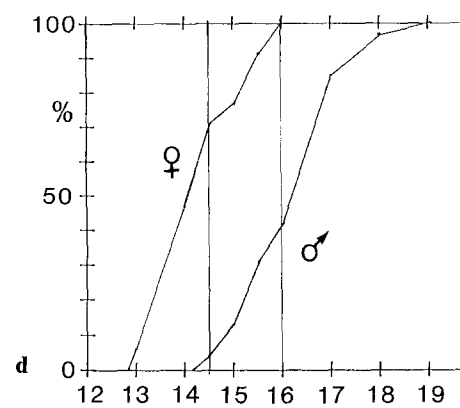
Skapula-Planimetriefläche (cm²)



Mazerationsgewicht Skapula (g)



Skapula - grösste Höhe (cm)



Skapula - grösste Breite (cm)

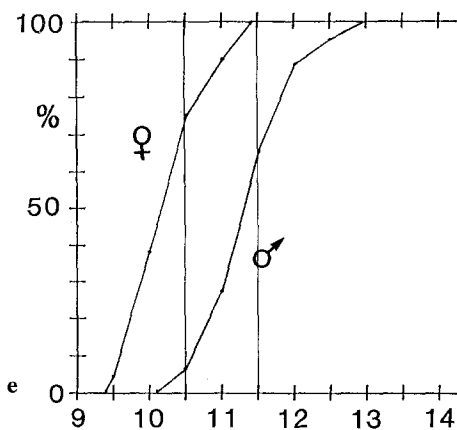


Fig. 2a-e. Kumulative Häufigkeit bei weiblichen ($n = 53$) und männlichen ($n = 96$) rechten Schulterblättern von (a) Summenformel nach Beuthin/Leopold (b) Planimetriefläche (c) Mazerationsgewicht (d) größter Höhe (e) größter Breite

männlichen zwischen 161 und 209 mm (Mittelwert: $188,0 \text{ mm} \pm 8,9 \text{ mm}$). Ein Bereich deutlicher Überschneidung ohne sichere Aussagemöglichkeit lag zwischen 170 und 185 mm.

Die Planimetriefläche lag bei weiblichen Schulterblättern zwischen 93 cm^2 und 148 cm^2 (Mittelwert: $112,0 \text{ cm}^2 \pm 12,0 \text{ cm}^2$), bei männlichen Schulterblättern zwischen 110 cm^2 und 177 cm^2 (Mittelwert: $143,4 \text{ cm}^2 \pm 13,2 \text{ cm}^2$); der Bereich deutlicher Überschneidung lag zwischen 120 cm^2 und 135 cm^2 . Das Mazerationsgewicht der weiblichen Knochen lag zwischen 37 g und 78 g (Mittelwert $50,2 \text{ g} \pm 8,0 \text{ g}$), bei männlichen zwischen 47 und 126 g (Mittelwert $74,1 \text{ g} \pm 13,7 \text{ g}$). Ein deutlicher Überschneidungsbereich lag zwischen 50 g und 70 g. Vergleichbare Verteilungen und Überschneidungsbereiche fanden sich bei Breite und Höhe der Schulterblätter (Abb. 2).

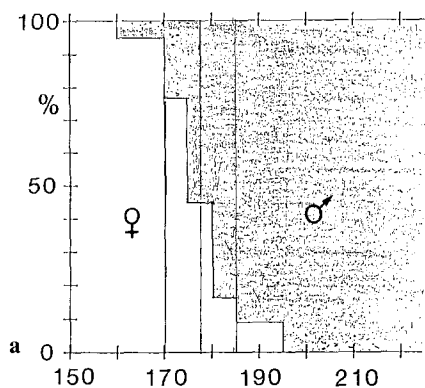
Um ablesen zu können, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Meßwert einem weiblichen oder männlichen Schulterblatt zuzuordnen ist, wurde der prozentuale Anteil weiblicher bzw. männlicher Knochen in den einzelnen Meßwertklassen bestimmt (Abb. 3). So fanden sich bei der Summenformel Meßwerte unter 160 mm nur bei Frauen. Meßwerte zwischen 160 mm und 170 mm waren zu 95% Frauen zuzuordnen. Zwischen 170 mm und 185 mm folgt wieder der Überschneidungsbereich. Meßwerte zwischen 185 mm und 195 mm stammten zu 92% von männlichen Knochen, der höchste weibliche Wert lag bei 191 mm. Über 195 mm (bzw. 191 mm) lagen ausschließlich männliche Schulterblätter.

Die Geschlechtsverteilung in den einzelnen Meßwertklassen von Planimetriefläche, Mazerationsgewicht, Höhe und Breite ist ebenfalls Abb. 3 zu entnehmen.

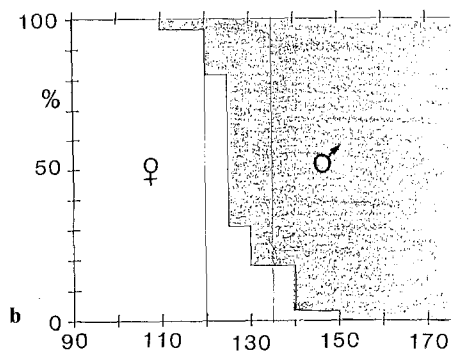
Für alle 5 Meßwerte setzten wir jeweils Grenzwerte des Überschneidungsbereiches fest, die in Abb. 2 und Abb. 3 eingearbeitet sind. Der Überschneidungsbereich lag bei der Summenformel zwischen 170 mm und 185 mm, bei der Planimetriefläche zwischen 120 cm^2 und 135 cm^2 , beim Mazerationsgewicht zwischen 50 g und 70 g, bei der Höhe zwischen 14,5 cm und 16 cm sowie bei der Breite zwischen 10,5 cm und 11,5 cm.

Die Geschlechtsbestimmung anhand der erarbeiteten Verteilungen wurde wie folgt vorgenommen: Werte außerhalb des festgesetzten Überschneidungsbereiches wurden als Kriterium für männliches bzw. weibliches Geschlecht herangezogen, Werte im Überschneidungsbereich wurden vernachlässigt. Lag zumindest 1 Meßwert im geschlechtsspezifischen Bereich, die übrigen Meßwerte ausschließlich im Überschneidungsbereich, so wurde hieraus eine Geschlechtsdiagnose vorgenommen. Eine Geschlechtsdiagnose wurde ebenfalls vorgenommen, wenn zumindest 3 Meßwerte im geschlechtsspezifischen Bereich lagen und lediglich 1 Meßwert im entgegengesetzten "verkehrten" geschlechtsspezifischen Bereich lagen. Mit diesem Vorgehen konnten an unserem Kollektiv 88% der Schulterblätter dem richtigen Geschlecht zugeordnet werden, 8% konnten nicht eindeutig zugeordnet werden, immerhin 4% wurden zwar eindeutig, jedoch falsch zugeordnet. Zieht man lediglich die 3 Parameter Summenformel, Mazerationsgewicht und Planimetriefläche heran und stellt die Geschlechtsdiagnose nur, wenn zumindest 1 Parameter im geschlechtsspezifischen Bereich und die anderen im Überschneidungsbereich liegen, so ließen sich immer noch

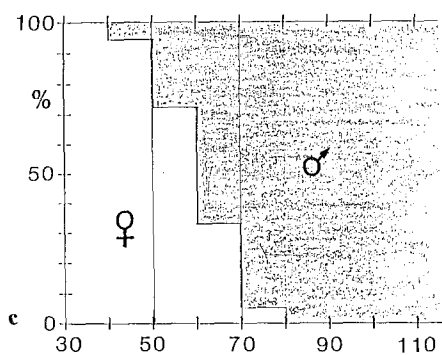
Summenformel nach Beuthin/Leopold



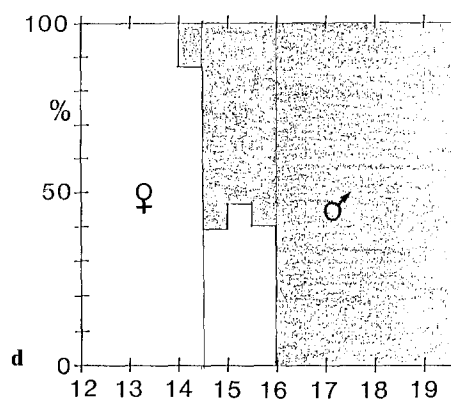
Skapula-Planimetriefläche (cm²)



Mazerationsgewicht Skapula (g)



Skapula - grösste Höhe (cm)



Skapula - grösste Breite (cm)

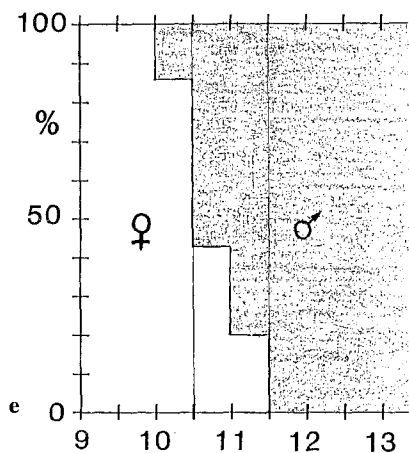


Abb. 3a-e. Relative Häufigkeit (%) des Vorkommens weiblicher ($n = 53$) und männlicher ($n = 96$) rechter Schulterblätter in den einzelnen Meßwertklassen von (a) Summenformel nach Beuthin/Leopold (b) Planimetrie (c) Mazerationsgewicht (d) größter Höhe (e) größter Breite

	Mittelwert		Signifikanzniveau
	Frauen	Männer	
Körpergröße	167,4 cm	167,5 cm	–
Körpergewicht	63,4 kg	62,9 kg	–
Summenformel	182,0 mm	168,5 mm	$p = 0,0001$
Planimetriefläche	136,6 cm ²	114,5 cm ²	$p = 0,0001$
Mazerationsgewicht	70,0 g	54,5 g	$p = 0,0001$
Größte Höhe	15,8 cm	14,4 cm	$p = 0,0001$
Größte Breite	11,1 cm	10,0 cm	$p = 0,0001$

Abb. 4. Differenz der Mittelwerte von 5 Meßparametern bei 23 Schulterblattpaaren (18–45 Jahre; Mann und Frau mit jeweils gleicher Körpergröße und Körpergewicht)

85% unserer Schulterblätter richtig zuordnen, 11% waren nicht zuzuordnen, die Zahl der Falschbestimmungen blieb konstant.

Paarbildungen

Bei den 23 gebildeten Schulterblattpaaren waren Durchschnittskörpergröße und Durchschnittskörpergewicht entsprechend den gewählten Kriterien identisch (Abb. 4). Dennoch unterschied sich bei allen 5 Meßwerten der Mittelwert der männlichen Schulterblätter deutlich von dem der weiblichen Schulterblätter. Im *t*-Test für paarweise angeordnete Meßwerte war der Unterschied jeweils hochsignifikant auf dem 0,01%-Niveau. Die exakten Mittelwerte sind Abb. 4 zu entnehmen; sie liegen sämtlich nahe den jeweils von uns festgesetzten Grenzwerten des Überschneidungsbereichs, obwohl bei der Paarbildung zwangsläufig überdurchschnittlich große Frauen und unterdurchschnittlich große Männer ausgewählt werden mußten. Untersucht man die einzelnen Paare, so lag der männliche Wert bei der Summenformel $22 \times$, bei Fläche und Höhe $20 \times$, bei Mazerationsgewicht und Breite $17 \times$ deutlich über dem weiblichen. In den übrigen Fällen waren männlicher und weiblicher Wert annähernd gleich. Lediglich $1 \times$ war ein weibliches Schulterblatt deutlich höher als das zugehörige männliche.

Diskussion

Planimetriefläche. Da ein leicht handhabbares Verfahren zur Volumenbestimmung am porösen Knochen (der sich mit Wasser vollsaugt) nicht vorliegt, wählten wir als einfaches Maß für die Gesamtgröße des Knochens die Planimetriefläche. Planimetriert wurden Fotokopien des Knochens, da diese ohne zeitlichen Aufwand eine 1:1-Abbildung bieten. Die von uns bestimmte Planimetriefläche des mit der Ventralseite am Gerät aufliegenden Schulterblattes kann mit anderen Abbildungstechniken nicht ohne weiteres verglichen werden, da verschiedene Teile wie z.B. das Acromion nicht abgebildet sind. Außerdem entstehen Verzerrungen durch die Krümmung des Knochens. Die von uns als

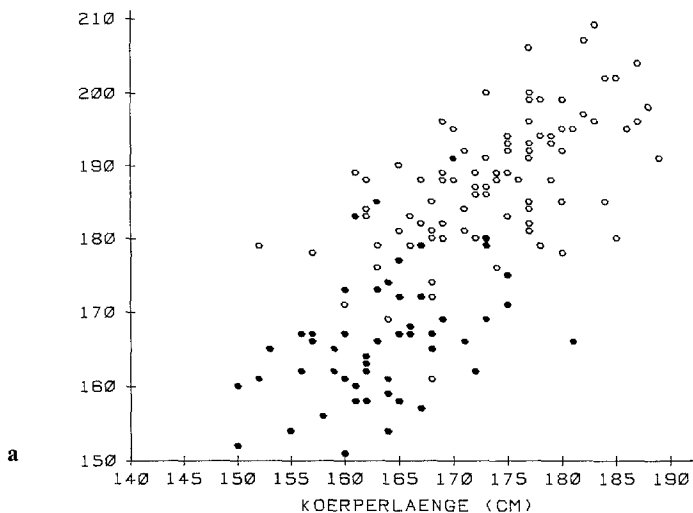
geschlechtsspezifisch angesehenen Größenunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Schulterblättern können deshalb mit den angegebenen Meßwerten nur auf die gewählte Meßmethode bezogen werden.

Geschlechtsbestimmung. Nachdem sich andere Parameter wie die Form des Schulterblattes, die Gestalt einzelner Teilbereiche oder die Größe von Coracoid, Spina scapulae und Acromion sowohl nach der Literatur (vergl. Leopold 1978) wie nach eigenen Auswertungen als im Einzelfall wenig aussagekräftig erwiesen hatten, konzentrierten wir unsere Untersuchung auf 5 Meßwerte (größte Höhe, größte Breite, Mazerationsgewicht, Planimetriefläche und Summenformel nach Beuthin/Leopold). Unsere nach dem Geschlecht aufgeschlüsselten Durchschnittswerte für Höhe, Breite und Mazerationsgewicht lagen dabei mit kleinen Abweichungen im Rahmen der Literaturangaben. Die Scapulabreite mit 11,3 cm (Männer) bzw. 10,2 cm (Frauen) gegenüber 10,7 cm bzw. 9,8 cm sowie das Mazerationsgewicht mit 74 g bzw. 50 g gegenüber 63 g bzw. 45 g lagen etwas über den von Hrdlicka für Deutsche und Leopold für DDR-Bewohner angegebenen Werten. Wir führen diese Unterschiede am ehesten auf das – gezielt angestrebte – geringere Durchschnittsalter unserer Stichprobe zurück, das vermutlich mit kräftigerer Muskulatur einhergeht. Die Durchschnittshöhe der Schulterblätter lag mit 16,1 cm (Männer) bzw. 14,2 cm (Frauen) etwas unter den Literaturangaben von 16,3 cm bzw. 14,6 cm. Auch dieses könnte durch das unterschiedliche Durchschnittsalter erklärt werden, da nach der Aufschlüsselung von Leopold die Schulterblatthöhe mit dem Alter eher zunimmt, möglicherweise bedingt durch eine veränderte Körperhaltung. Denkbar wären auch rassische Unterschiede, da unsere Untersuchungen ganz überwiegend an Süddeutschen durchgeführt wurden.

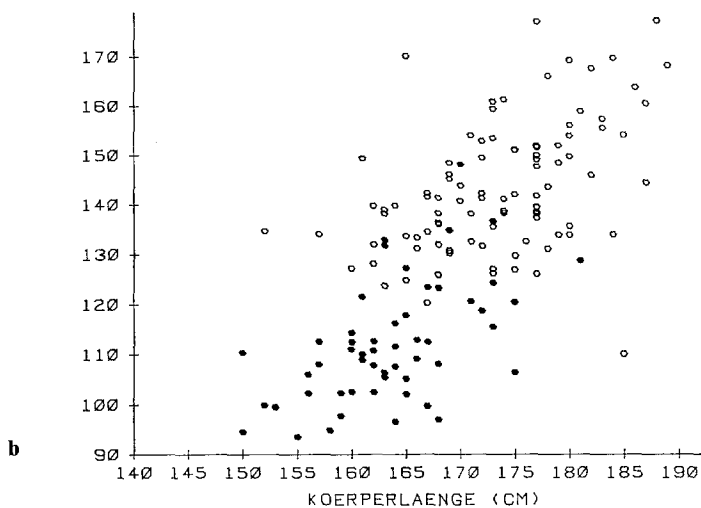
Aus der Literatur übernommen wurde die Summenformel nach Beuthin in der Modifikation von Leopold. Sie stellt ein durch Addition von 4 Meßstrecken „verstärktes“ Maß für die Größe des Schultergelenks dar, etwa vergleichbar mit den Maßen des Oberarmkopfes. Bei der Addition der 4 Meßwerte (Höhe und Breite der Cavitas glenoidalis, Abstand von Acromion und Coracoid vom tiefsten Punkt der Cavitas glenoidalis) entsprachen unsere Mittelwerte von 188 mm bei Männern und 166 mm bei Frauen genau den Angaben von Leopold. Diese Meßwerte sind wahrscheinlich altersunabhängig. Sie bieten darüber hinaus den Vorteil, auch an teilweise zersetzten oder zerstörten Knochen noch bestimmbar zu sein.

Alle 5 Parameter ergaben hochsignifikante Differenzen zwischen den Mittelwerten für Männer und Frauen. Das hohe Signifikanzniveau (Abb. 1) beruht darauf, daß der 1-Sigma-Bereich der Durchschnittswerte sich bei keinem Meßwert überschneidet. Unsere Stichprobe war zwar nicht nach Zufallskriterien ausgewählt, denn teilweise wurden überdurchschnittlich große Frauen und kleine Männer gezielt gesucht. Dies kann jedoch nicht zu einer Verstärkung der Geschlechtsunterschiede geführt haben. Sämtliche Meßwerte sind, wie Abb. 5 zeigt, auch von der Körpergröße des zugehörigen Individuums abhängig. Hier wären deshalb durch unsere Selektion allenfalls größere Meßwerte bei den Frauen sowie kleinere Meßwerte bei den Männern und damit eine Verwischung der Differenzen zu erwarten gewesen.

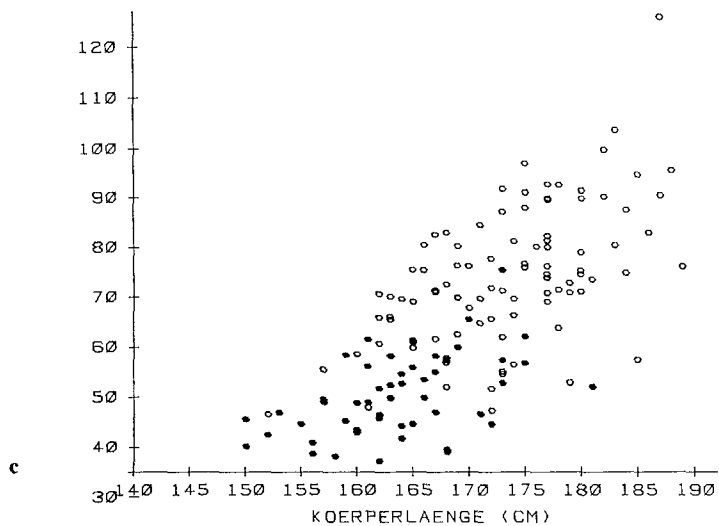
BEUTHIN SUMME (MM)



PLANIMETRIE (CM²)



MAZER.GEW. (G)



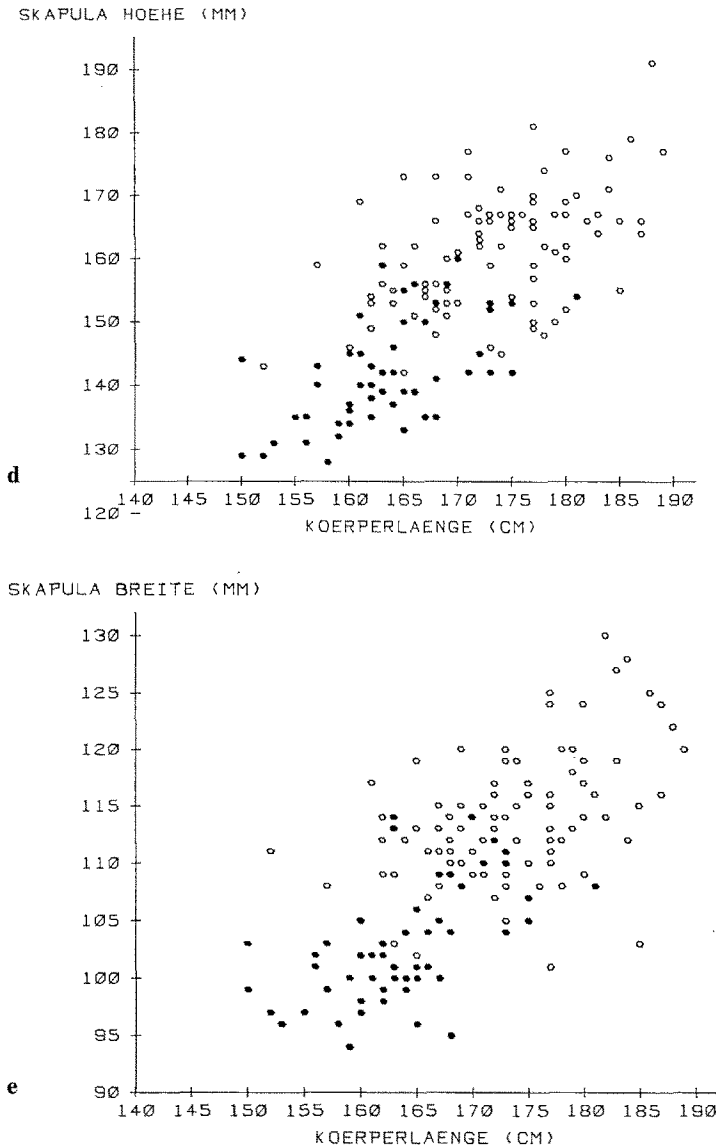


Abb. 5a-e. Abhängigkeit der einzelnen Meßparameter am Schulterblatt von der Körpergröße (● = weibl., ○ = männl.): (a) Summenformel nach Beuthin/Leopold (b) Planimetriefläche (c) Mazerationsgewicht (d) größte Höhe (e) größte Breite

Nach unseren Ergebnissen ist davon auszugehen, daß die hochsignifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten von männlichen und weiblichen Schulterblättern auf zumindest 2 Komponenten beruhen: Neben einer deutlichen Abhängigkeit der einzelnen Meßwerte von der Körpergröße des zugehörigen Individuums (Abb. 5) bestehen zumindest in der Altersgruppe zwischen 18 und 45 Jahren zusätzliche, wohl allein geschlechtsspezifische Unterschiede.

Bei der Untersuchung von 23 Schulterblatt-“Paaren” (je 1 männlicher und 1 weiblicher Knochen, entnommen von Individuen mit einer Körpergrößendifferenz von maximal 1 cm und einer Gewichts Differenz bis zu 4 kg) konnten wir feststellen, daß die von uns wie auch in der Literatur als geschlechtsspezifisch angesehenen Unterschiede keinesfalls nur durch die unterschiedliche Durchschnittskörpergröße von Männern und Frauen bedingt sind. Auch bei der Untersuchung der Paare unterschieden sich die Mittelwerte bei allen 5 Parametern noch hochsignifikant (Abb. 4). Betrachtet man die einzelnen Schulterblattpaare, so lagen die Summenformeln in 22 von 23 Fällen, Planimetrie fläche und größte Höhe in 20 Fällen sowie Mazerationsgewicht und die größte Breite in immerhin 17 Fällen beim männlichen Exemplar deutlich über dem entsprechenden Wert des zugeordneten weiblichen Knochens.

Ein Rückschluß von den Maßen des isolierten Schulterblattes auf die Körpergröße ist trotz deutlicher Abhängigkeit der Schulterblattgröße auch von der Körpergröße kaum möglich. Auch zeigten unsere Untersuchungen keine verwertbare Abhängigkeit der Schulterblattmaße vom in allen Fällen bekannten Konstitutionstyp nach Kretschmer.

Zur Geschlechtsbestimmung am Einzelknochen wurden alle fünf Parameter in einzelne Meßwertklassen (Abb. 3) eingeteilt. Ein eher geschlechtsunspezifischer Überschneidungsbereich wurde von einem spezifisch männlichen und spezifisch weiblichen Bereich unterschieden. Die Festlegung der Grenzwerte erfolgte dabei eher willkürlich unter Inkaufnahme einer Restunsicherheit im grenzwertnahen Bereich. Andere Grenzwerte könnten gewählt werden, wenn eine verstärkte Sicherheit der Aussage gewünscht wird. Insbesondere bei der Planimetrie fläche erscheint ein Grenzwert von 140 cm² durchaus zu diskutieren. Wir wählten den Grenzwert bei 135 cm², da der Umschlagsbereich der Verteilungskurve bei 125 cm² liegt. Die Gewichtung hätte sich andernfalls zu stark von der der anderen Kurven unterschieden. Die willkürliche Festlegung unserer Grenzwerte muß jedoch bei der Geschlechtsbestimmung im Einzelfall beachtet werden. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Wert innerhalb einer bestimmten Meßwertklasse einem männlichen oder weiblichen Schulterblatt zuzuordnen ist, ergibt sich aus Abb. 3.

Mit den anfangs vorgestellten Kriterien (zumindest 1:0 oder 3:1 Parameter im geschlechtsspezifischen Bereich) ließ sich in 88% der Fälle das Geschlecht richtig bestimmen, in 4% der Fälle jedoch falsch. Bei 8% ($n = 12$; 8 männlich und 4 weiblich) war eine Geschlechtsbestimmung nicht möglich. Wurden lediglich die 3 Parameter Mazerationsgewicht, Summenformel und Planimetrie fläche angewendet (Kriterium: zumindest 1:0 Parameter im geschlechtsspezifischen Bereich), ergaben sich ähnliche Ergebnisse. Nach dieser Methode wurden 85% der Schulterblätter richtig zugeordnet, die Quote der Falschbestimmungen blieb bei 4%. Mit 11% etwas angestiegen war durch den Verzicht auf zwei Parameter die Rate der nicht eindeutig zuzuordnenden Knochen.

Bei Anwendung aller fünf Parameter einem bestimmten Geschlecht nicht sicher zuzuordnen war das Schulterblatt in 12 unserer Fälle. Bei 4 Männern könnten diese Schwierigkeiten durch die Körpergröße zwischen 157 cm und 163 cm erklärt werden, bei einer Frau durch die Körpergröße von 173 cm. Bei einem Mann von 172 cm Körpergröße lag nur das Mazerationsgewicht eindeutig

im weiblichen Bereich, nach dem Sektionsbefund möglicherweise durch Demineralisation im Gefolge einer weit fortgeschrittenen Leberzirrhose erklärbar. Bei 6 anderen unklaren Fällen konnten derartige Erklärungen nicht gefunden werden.

Bei den 6 falsch zugeordneten Knochen (4 Männer und 2 Frauen) ergaben sich keine schlüssigen Erklärungen für die Fehlbestimmung. Lediglich bei einem – noch dazu athletischen – Mann von 168 cm Körpergröße könnte das Vorliegen einer Fehlbildung im Schultergelenk diskutiert werden; hier lag der Wert der Summenformel mit 161 mm weit im weiblichen Bereich. Eine krasse Fehlbestimmung ergab sich bei einem Mann von 185 cm Körpergröße und 83 kg Körpergewicht als Folge einer Schulterblattbreite von 10,3 cm und insbesondere einer Planimetriefläche von 110 cm². Die drei anderen Parameter lagen in der Mitte des Überschneidungsbereiches. Nach unseren Ergebnissen muß deshalb auch bei Fehlen krankhafter Veränderungen oder extremer Körpergrößen in einem geringen Prozentsatz der Fälle mit Fehlbestimmungen gerechnet werden.

Außerdem beziehen sich unsere Ergebnisse zunächst nur auf die Altersgruppe von 18–45 Jahren. Deutliche Auswirkungen dürfte fortgeschrittenes Lebensalter jedoch lediglich auf das Mazerationsgewicht haben, so daß bei fortgeschrittenem oder unbekanntem Lebensalter dieser Parameter nur sehr vorsichtig bzw. entsprechend modifiziert angewendet werden sollte. Außerdem scheint – wie erwähnt – nach den Meßwerten von Leopold (1978) mit zunehmendem Lebensalter die relative Schulterblattlänge zu steigen.

Bei der Geschlechtsbestimmung am Einzelknochen können zusätzliche Hinweise gewonnen werden, wenn einzelne Parameter nahe den Grenzen des Überschneidungsbereichs liegen. Ist eine ungefähre Körpergröße noch bestimmbar, kann für die Geschlechtsbestimmung die Erkenntnis herangezogen werden, daß sämtliche Parameter in hohem Maße auch von der Körpergröße abhängig sind (Abb. 5). Auch Leopold (1978) fand im Erwachsenenalter für beide Geschlechter eine statistisch gesicherte Korrelation und lineare Regression zwischen Körperhöhe und Gewicht des mazerierten Schulterblattes. So spräche etwa eine Körpergröße von 175 cm in Verbindung mit Schulterblattmeßwerten im unteren Teil des eigentlich unspezifischen Überschneidungsbereiches dennoch deutlich für weibliches Geschlecht. Andererseits können sich Schwierigkeiten ergeben, Schulterblätter von sehr kleinen Männern und sehr großen Frauen zu unterscheiden. Ferner stellte Leopold fest, daß mit relativ schweren Schulterblättern ein höheres Körpergewicht korreliert.

Insgesamt dürfte bei zu 88% richtig und lediglich zu 4% falsch bestimmten Geschlechtszuordnungen ein Versuch der Geschlechtsidentifizierung am Schulterblatt zumindest in der Altersgruppe von 18 und 45 Jahren vielversprechend sein, da die Sicherheit der Ergebnisse mit der der Geschlechtsbestimmung an anderen Einzelknochen zumindest durchaus vergleichbar ist.

Literatur

Bainbridge D, S Genoves Tarazaga (1956) A study of sex differences in the scapula. J R Anthropol Inst 86:109–134

- Beuthin A (1975) Zum Geschlechtsdimorphismus der Scapula. *Kriminal forens Wiss* 19:142–145
- Broca P (1878) Sur les indices de largeur de l'omoplate chez l'homme, les singes et dans la serie des mammifères. *Bull Soc Anthropol (Paris)* 1:66
- Dwight T (1887/88) The range of variation of the human shoulderblade. *Am Natur Phila* XXI:627–638
- Hrdlicka A (1942) The scapula: visual observation; The juvenile scapula; The adult scapula. *Am J Physic Anthropol* 29:73–94, 287–310, 363–415
- Leopold D (1978) In Hunger H und Leopold D (Hrsg) *Identifikation*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 139–148

Eingegangen am 26. April 1988