



Abb. 38.19 Die Breite der Femurepiphyse (= Bikon-dylarbreite des Femurs [= Oberschenkel] = Epikon-dylenbreite des Femurs) wird als geradlinige Entfernung der inneren und äußeren Gelenkknorren des Ober-schenkelknochens bei gebeugtem Gelenk gemessen.

38.1.4 Bestimmung der Skelett-muskelmasse mithilfe der aufgeführten Hautfettfalten und ausgewählter Umfänge

Lee und Mitarbeiter stellten im Jahr 2000 eine elegante anthropometrische Methode für beide Geschlechter zur Bestimmung der Skelettmuskelm-asse (in kg) vor, die an einem Kollektiv mit der Al-tersspanne von 20–81 Jahren entwickelt worden war und als geografische Konstitutionskonstante verschiedene Ethnien einschließt [4].

$$\begin{aligned} \text{Skelettmuskelmasse (kg)} = & \text{Körperhöhe (Einheit: Meter [m])} \times (0,00587) \\ & \times (\text{Bizepsumfang [cm]} - \pi \times \text{Triceps-HFF [cm]})^2 \\ & + 0,00138 \times (\text{Oberschenkelumfang [cm]} - \pi \\ & \times \text{Oberschenkel-HFF [cm]})^2 + 0,00574 \\ & \times (\text{Unterschenkelumfang [cm]} \\ & - \pi \times \text{Unterschenkel-HFF [cm]})^2 + 2,4 \\ & \times \text{Geschlechtsfaktor} - 0,026 \times \text{Alter (Jahre)} \\ & + \text{geografische Konstitutionskonstante} + 4,4 \end{aligned}$$

Erläuterung der Konstanten und Faktoren:

- Geschlecht: Geschlechtsfaktor: 1 für männlich; 0 für weiblich
- Lee und Mitarbeiter unterteilten die Gruppen – wie damals gebräuchlich – für die Berechnung der geografischen Konstitutionskonstante wie

folgt ein [4]: –1,6 für asiatische Konstitution; 1,2 für afrikanische/afroamerikanische Konstitution; 0 für kaukasische/europäische Konstitution

38.1.5 Fat Free Mass Index (FFMI): Doping-Screening im Bodybuilding

Mit dem Fat Free Mass Index (FFMI), den man auch als Magermasseindex bezeichnen könnte, stellten Kouri et al. [3] einen anthropometrischen Screening-Ansatz als Hinweis für den Missbrauch ana-boler Steroide bei Bodybuildern vor.

Für den FFMI muss zunächst die Magermasse als Differenz von Gesamtkörpermasse und Fettmasse bestimmt werden. Der auf eine Körpergröße von 1,80 m normalisierte FFMI errechnet sich wie folgt:

$$\text{FFMI} = \frac{\text{Magermasse [kg]}}{(\text{Körperhöhe [m]})^2} + 6,1 \times (1,8 - \text{Körperhöhe [m]})$$

Anhand einer Überprüfung des FFMI in einem Kollektiv von 157 männlichen Bodybuildern (83 User von Anabolika und 74 Non-User) fanden Kouri et al. [3] einen Grenzwert des FFMI von 25,0. Body-builder, die den Einsatz von anabolen Steroiden ablehnen, lagen alle unter dem Wert 25,0, wäh-rend viele der Anabolika-Nutzer darüberlagen. Einschränkungen dieser an Bodybuildern ent-wickelten Anthropometrie-Methode ergeben sich bei hohem prozentualem Fettanteil bei Sportlern, weil dann auch der Magermasseanteil leicht den Wert 25,0 überschreiten kann. Auch für die Über-prüfung des Einsatzes von anabolen Steroiden bei Ausdauersportlern ist die Methode nicht geeignet, weil für dieses Kollektiv schwere Muskelmasse eher hinderlich ist.

Merke

Der Fat-Free Mass Index (FFMI) bietet anthro-pometrische Hinweise für Anabolika-Abusus bei Bodybuildern und anderen Kraftsportlern.



38.1.6 Relativer Körperfettanteil von Spitzensportlern in verschiedenen Disziplinen

► Tab. 38.1 zeigt eine Zusammenstellung von Ergebnissen ausgewählter Studien zur Körperzusammensetzung von Hochleistungssportlern.

Tab. 38.1 Körperzusammensetzung von Hochleistungssportlern (Ergebnisse ausgewählter Studien) [6], [7].

Sportart	Geschlecht	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (cm)	Fettanteil (%)
Aerobic	w	16–35	56,4 ± 9,7	165,6 ± 7,0	14,9 ± 1,3
Badminton	m	24,5 ± 3,6	71,2 ± 5,6	180,0 ± 5,2	12,8 ± 3,1
	w	23,0 ± 5,3	61,5 ± 2,6	167,7 ± 2,5	21,0 ± 2,1
Basketball	m	20,9 ± 1,3	87,5 ± 7,2	194,3 ± 10,2	10,5 ± 3,8
	w	19,3 ± 1,4	66,8 ± 6,7	176,5 ± 8,8	19,2 ± 4,6
Bodybuilding	m	27,8 ± 1,8	82,4 ± 1,0	177,1 ± 1,1	9,3 ± 0,8
	w	30,4 ± 8,2	56,5 ± 0,9	165,2 ± 5,6	13,5 ± 1,5
Eisschnelllauf	m	22,2 ± 4,1	73,3 ± 7,1	178,0 ± 7,1	7,4 ± 2,5
	w	19,7 ± 3,0	61,2 ± 6,9	165,0 ± 6,0	16,5 ± 4,1
Fußball	m	o. A.	72,4 ± 8,9	176,8 ± 6,6	9,5 ± 4,9
	w	22,1 ± 4,1	61,2 ± 8,6	164,9 ± 5,6	22,0 ± 6,8
Hürdenlauf/Sprint	m	28,4 ± 0,1	66,8 ± 0,9	179,9 ± 0,7	8,3 ± 5,2
	w	15,8 ± 2,7	54,0 ± 8,4	166,5 ± 9,3	10,9 ± 3,6
Kanalschwimmen	m	38,2 ± 10,2	87,5 ± 10,4	173,8 ± 7,4	22,4 ± 7,5
Kraftdreikampf	m	24,8 ± 1,6	80,8 ± 3,2	173,5 ± 2,8	9,1 ± 1,2
	w	25,2 ± 6,0	68,6 ± 3,6	164,6 ± 3,7	21,5 ± 1,3
Langstreckenlauf	m	o. A.	63,1 ± 4,8	177,0 ± 6,0	4,7 ± 3,1
	w	27,0	47,2 ± 4,6	161,0 ± 4,0	14,3 ± 3,3
Rugby	m	25,4 ± 6,4	88,9 ± 14,5	179,7 ± 7,0	15,5 ± 5,2
Schwimmen	m	o. A.	71,0 ± 5,9	178,3 ± 6,4	8,8 ± 3,2
	w	19,2 ± 0,8	56,0 ± 3,1	169,6 ± 4,7	16,1 ± 3,7
Skilanglauf	m	22,8 ± 1,9	71,8 ± 5,4	179,0 ± 5,0	7,2 ± 1,9
	w	23,5 ± 4,7	56,9 ± 1,1	164,5 ± 3,3	16,1 ± 1,6
Tennis	m	o. A.	73,8 ± 7,3	179,1 ± 4,5	11,3 ± 5,2
	w	21,3 ± 0,9	59,6 ± 4,6	164,7 ± 4,2	22,4 ± 2,0
Triathlon	m	36,0 ± 9,9	73,3 ± 8,6	176,4 ± 8,6	12,5 ± 5,9
	w	24,2 ± 4,3	55,2 ± 4,6	162,1 ± 6,3	16,5 ± 1,4
Turniertanz	m	27,4 ± 9,6	70,7 ± 9,6	179,5 ± 6,0	12,6 ± 3,5
	w	26,8 ± 9,1	61,7 ± 7,8	166,0 ± 5,1	22,8 ± 3,6
Volleyball	m	20,9 ± 3,7	78,3 ± 12,0	185,3 ± 10,2	9,8 ± 2,9
	w	21,6 ± 0,8	70,5 ± 5,5	178,3 ± 4,2	17,9 ± 3,6

m: männlich; w: weiblich; o. A.: ohne Angabe



Merke

Als gesichert gilt die umgekehrt proportionale Beziehung zwischen dem Gesamtkörperfettanteil und der Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht.

Verlaufskontrollen des Körperfettanteils liefern daher einfach reproduzierbare Screening-Größen für die Leistungsentwicklung im Leistungs-, Freizeit- und Präventivsport.

38.2 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

Prinzip

Die BIA (► Abb. 38.20) fokussiert primär auf den Flüssigkeitshaushalt. Mit einem schwachen Wechselstrom wird über zwei Elektroden ein elektromagnetisches Feld im Körper aufgebaut. Mittels



Abb. 38.20 Für die BIA-Messung werden je zwei Elektroden an Hand und Fuß aufgeklebt. Über die beiden äußeren Elektroden wird die Spannung angelegt (rote Krokodilklemmen), über die beiden inneren Elektroden (schwarze Krokodilklemmen) wird der Widerstand gemessen. Die Handgelenks-Elektrode (Messelektrode) wird über den höchsten Punkt des Ulnarköpfchens, die Fingergelenks-Elektrode (Signalelektrode) über die höchsten Punkte vom 2. und 3. Fingergrundgelenk, die Sprunggelenks-Elektrode (Messelektrode) wird über die höchsten Punkte von Außen- und Innenknöchel, die Zehngelenks-Elektrode (Signalelektrode) über die höchsten Punkte vom 2. und 3. Zehngrundgelenk lokalisiert.

zweier weiterer Elektroden lassen sich als Vierleitermessung Spannungsabfall und Phasenverschiebung der Signalspannung messen. Wasser- und elektrolytreiche Gewebe wie Liquor, Blut oder Muskulatur verfügen über eine hohe Leitfähigkeit, wohingegen Fett, Knochen und luftgefüllte Hohlräume wie die Lunge als Hochwiderstands- oder dielektrische Gewebe bezeichnet werden. Werden Elektroden nur im Bereich der oberen Extremitäten oder der Beine platziert, so können sich Besonderheiten der regionalen Fettverteilung (z. B. Reithosentyp) erheblich auf das Ergebnis auswirken. Weitere Störgrößen können beispielsweise unkontrollierte schwerkraftbedingte Rückverteilungsvorgänge der Körperflüssigkeiten, kurz zurückliegende sportliche Betätigungen und die Aufnahme von Flüssigkeiten, Phasen des Menstruationszyklus oder auch die Umgebungstemperatur darstellen. Im Vergleich zur Calipermetrie sind die Geräte aller Hersteller relativ teuer.

38.3 Infrarot-Reflexionsmessung

Prinzip

Der Messkopf sendet an einem definierten Punkt des M. biceps brachii des dominanten Arms (mittig auf der Vorderseite des Oberarms zwischen Schulterhöhe und Ellenbogenfalte, ► Abb. 38.21) einen Nah-Infrarot-Lichtstrahl mit einer bestimmten Wellenlänge in das Oberarmgewebe. Aus der Absorptionsdifferenz, die in Fett und Muskulatur (Wasser) unterschiedlich ist, wird auf das Gesamtkörperfett geschlossen. Das Verfahren ist zwar im



Abb. 38.21 Positionierung des Lichtstabs über dem M. biceps brachii (Hälfte der Strecke zwischen Acromion und Fossa cubitalis); vgl. [6].

Vergleich zur BIA ähnlich wie die Calipermetrie relativ unabhängig von bestimmten Mess-Rahmenbedingungen wie kürzlich erfolgter Flüssigkeitsaufnahme oder Miktion. Kritikpunkte sind aber der Rückschluss auf den Gesamtfettgehalt des menschlichen Körpers aus einer einzigen, subkutanen Fettschichtdicke und der im Vergleich zur Calipermetrie relativ teure Preis.

Literatur

- [1] Ball SD, Altna TS, Swan PD. Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 1525–1531
- [2] Ball SD, Swan PD, de Simone R. Comparison of anthropometry to Dual Energy X-Ray Absorptiometry: a new prediction equation for women. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2004; 75: 248–258
- [3] Kouri EM, Pope HG, Katz DL et al. Fat-free mass index in users and non-users of anabolic-androgenic steroids. *Clin J of Sports Medicine* 1995; 5 (4): 223–228
- [4] Lee RC, Wang Z, Heo M et al. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 796–803
- [5] Parízková J, Buzkova P. Relationship between skinfold thickness measured by Harpenden caliper and densitometric analysis of total body fat in men. *Human Biology* 1971; 43: 16–21
- [6] Raschka C. Sportanthropologie. Leitfaden der modernen, vergleichenden Sportanthropologie, Sportanthropometrie und trainingsrelevanten Konstitutionsbiologie. Köln: Sportverlag Strauß; 2006
- [7] Raschka C, Ruf St. Ernährung im Skisport. In: Raschka C, Nitsche L, Kuchler W (Hrsg.) *Ski- und Snowboardmedizin*. Dortmund: Wulff GmbH – Druck & Verlag; 2019; 213–224

39 Körperbautypen (Konstitutionstypen)

39.1 Einführung in die Konstitutionstypologie

Neben der reinen Körperzusammensetzung spielen im Sport häufig auch die Körperbautypen (Konstitutionstypen) in bestimmten Disziplinen eine relevante Rolle für den potenziellen Wettkampferfolg. Die Bedeutung der konstitutionellen Leistungsvoraussetzungen kommt in manchen Sportarten bereits im Kindes- und Jugendalter zum Tragen.

Schon Hippokrates unterschied zwei Konstitutionstypen im 5.–4. Jhd. v. Chr. – den schmalen Habitus phthisicus (schlank, flache Brust, blasse Haut) und den rundlichen Habitus apoplecticus (gedrungen, kurzer Hals, gerötetes Gesicht).

In den Konstitutionsschulen der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (► Abb. 39.1) wurde dann auch ein mittlerer Typus eingeführt (Bewegungsnaturell, Athletiker, Mesomorpher). Die französische Konstitutionsschule unterteilte ihn nochmals in einen Type musculaire und einen Type respiratoire mit kräftig ausgeprägter Atemhilfsmuskulatur, der häufig bei Patienten mit obstruktiven Atemwegserkrankungen, aber auch bei Kampfsportlern anzutreffen ist, die bewusst Atemübungen in ihr Training integrieren.

Eine genetische Basis für diesen Athletiker-Typus könnte der bei verschiedenen Säugetieren wie Rindern (Blanc-Bleu Belge, Piemonteser), Mäusen, Hunden („Bully Whippets“) sowie Schafen, aber auch beim Menschen dokumentierte **Myostatin-Defekt** darstellen. Das Protein Myostatin kontrolliert und limitiert das Wachstum der Muskulatur. Bei mangelnder Myostatinwirkung können sich die Muskeln bei den Tieren auf das Zwei- bis Dreifache der normalen Größe entwickeln. Im Jahre 2004 beschrieben Schuelke et al. [10] die von Spöttern als „Schwarzenegger-Gen“ apostrophierte Mutation des Myostatin-Gens auch beim Menschen – bei einem Kind, das bereits mit kräftigen muskulösen proximalen Extremitäten auf die Welt kam.

In Deutschland begründete 1921 der Psychiater Ernst Kretschmer seine bekannte dreipolige Typologie. Die psychophysischen Bezüge gelten allerdings heute für alle Konstitutionsschulen als widerlegt.

M!

Merke

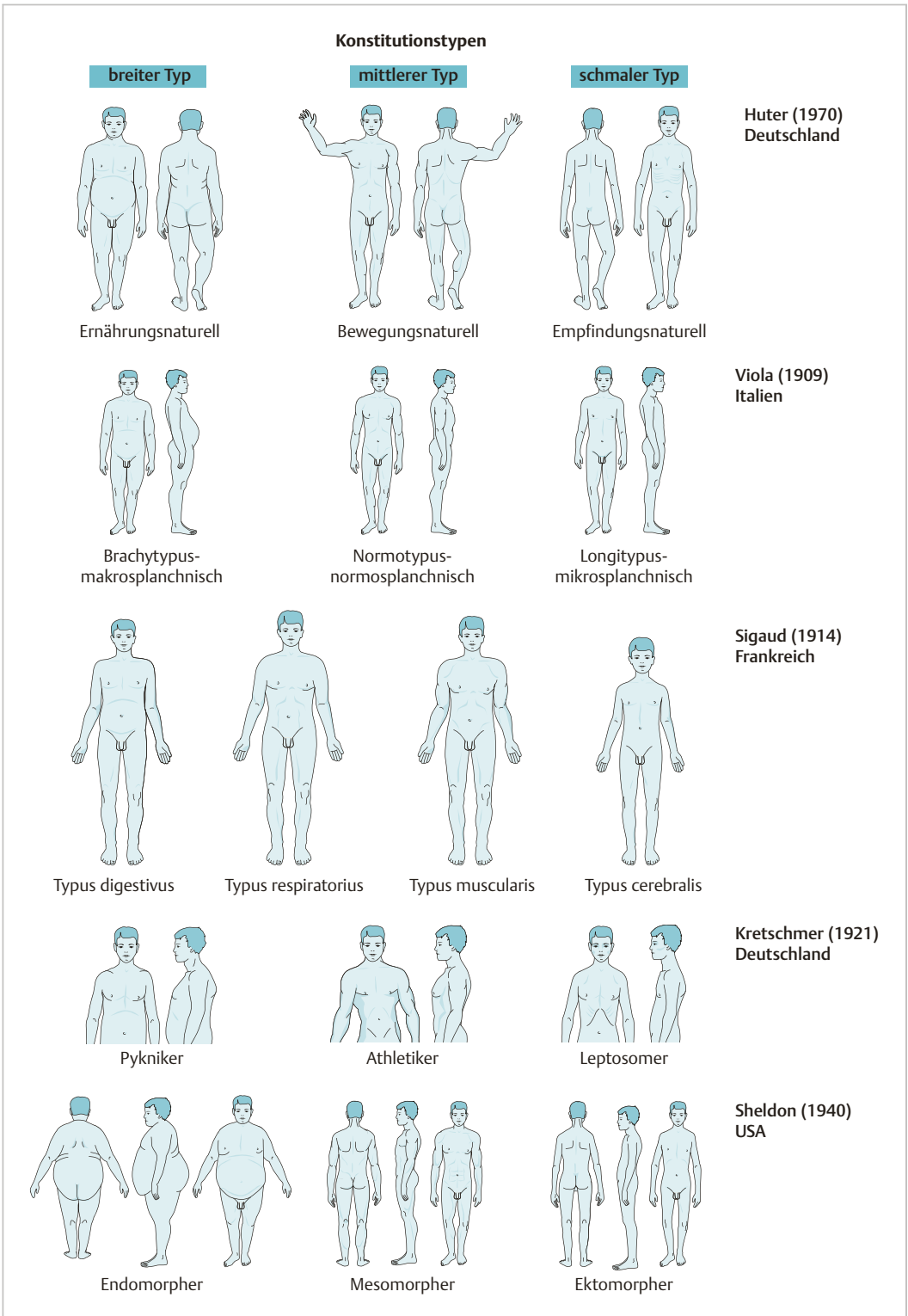
In den meisten Konstitutionsschulen des 20. Jahrhunderts werden drei Körperbau-Typen unterschieden:

- **breiter Typ** (Ernährungsnaturell, Typus digestivus, Pykniker, Endomorpher)
- **mittlerer Typ** (Bewegungsnaturell, Typus muscularis/respiratorius, Athletiker, Mesomorpher)
- **schmaler Typ** (Empfindungsnaturell, Typus cerebialis, Leptosomer, Ektomorpher)

Eine genetische Basis für den Athletiker könnte der Myostatin-Defekt darstellen.

39.2 Somatotypisierung nach Sheldon sowie Heath und Carter

- **Sheldon** [11] entwickelte in Nordamerika 1940 eine ähnliche Typologie und benannte die drei Typen nach den drei Keimblättern. Vor allem unter englischsprachigen Wissenschaftlern ist sein System weit verbreitet. Er klassifizierte den menschlichen Körperbau (Somatotyp) nach den drei konstitutionellen Komponenten (Endomorphie – Mesomorphie – Ektomorphie), von denen jede nach einem 7-Punkte-Schema beurteilt wird. Ein dreiziffriger Index beschreibt somit exakt den Somatotyp. Dieser Index wird in ein Diagramm, das die Form eines gleichseitigen, sphärischen Dreiecks hat, den sog. **Somatochart**, eingetragen. Im Zentrum liegt der Somatotyp 4/4/4 (3/3/3) mit ausgewogenen Proportionen und annähernden Durchschnittsmaßen (► Abb. 39.2).
- Eine Erweiterung des 7-Punkte-Schemas auf ein 9-Punkteschema wurde 1967 von **Heath u. Carter** [3] für die Mesomorphie und Endomorphie (► Abb. 39.2) eingeführt. Fett- und Muskelmassezunahme als potenzielle Folgen von veränderter Ernährungssituation und anderem Bewegungsverhalten der Nachkriegsgenerationen ließen sich so differenzierter darstellen, wobei einige Konstitutionstypen auch außerhalb des Dreiecks zu liegen kommen.



XI

Abb. 39.1 Körperbautypen in verschiedenen Konstitutionsschulen [4], [6], [11], [12], [13]

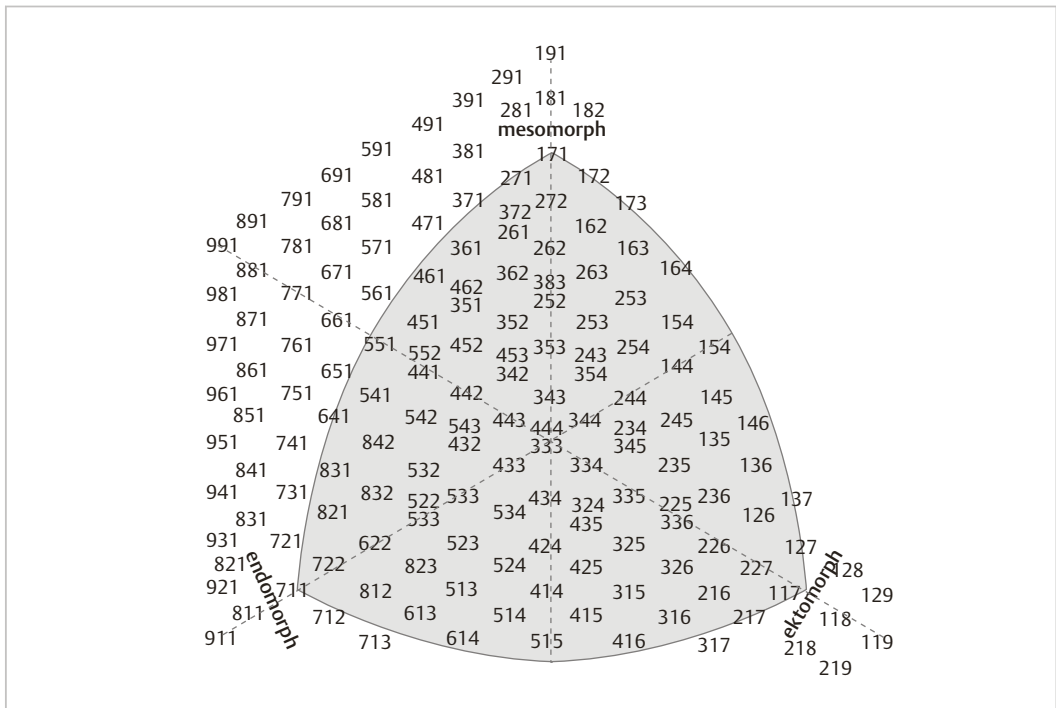


Abb. 39.2 Somatochart nach Heath und Carter [3].

39.2.1 Bestimmung des Heath-Carter-Somatotyps

Hierzu werden die drei Komponenten aus verschiedenen anthropometrischen Werten berechnet.

Bestimmung der 1. Komponente (Endomorphie)

Als erster Schritt wird die Hautfettfaltensumme (in mm) für die Messstellen Trizeps-HFF, Supraskapular-HFF sowie Suprailiakaal-HFF gebildet (HFF-Summe = HFF- Σ). Diese HFF-Summe wird anschließend auf die individuelle Körperhöhe (h) durch Multiplikation mit dem Faktor (170,18 dividiert durch die Körperhöhe) gewichtet. Hieraus resultiert die korrigierte HFF-Summe (HFF- Σ corr).

$$\text{HFF-}\Sigma \text{ corr} = \left(\frac{170,18}{h} \right) \times \text{HFF-}\Sigma$$

Die Endomorphie (ENDO) wird dann nach folgender Formel berechnet:

$$\begin{aligned} \text{ENDO} = & - 0,7182 + 0,1451 (\text{HFF-}\Sigma \text{ corr}) \\ & - 0,00068 (\text{HFF-}\Sigma \text{ corr})^2 \\ & + 0,0000014 (\text{HFF-}\Sigma \text{ corr})^3 \end{aligned}$$

Bestimmung der 2. Komponente (Mesomorphie)

Zunächst müssen Oberarm- und Waden-Umfang (OU und WU, jeweils in cm) durch Subtraktion der Triceps-HFF (in cm) und der Waden-HFF (in cm) auf den Status von Muskelumfängen mathematisch korrigiert werden.

$$\begin{aligned} \text{OUcorr} &= \text{OU (cm)} - \text{Triceps-HFF (cm)} \\ \text{WUcorr} &= \text{WU (cm)} - \text{Waden-HFF (cm)} \end{aligned}$$

Unter Einbeziehung der individuellen Körperhöhe (h), der Breite der Humerusepiphyse in cm (HU) und der Femurepiphyse in cm (Fe) kann die Mesomorphie (MESO) nach folgender Formel ausgerechnet werden: