

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Definition der Sporternährung	18
1.1	Begriffliche Erläuterung	18
2	Versorgungslage der Athleten	19
2.1	Status quo im Sportleralltag	19
3	Ernährungsphysiologische Grundlagen zu Nährstoffen	20
3.1	Nährstoffe mit Energie – Nährstoffe ohne Energie	20
3.2	Kohlenhydrate	21
3.3	Glykämischer Index	23
3.4	Fette	26
3.5	Proteine	27
4	Basisernährung von Sportlern	29
4.1	Energiebedarf und Basisernährung	29
4.2	Sportartspezifischer Energiebedarf	29
4.3	Ernährung für verschiedene Belastungen	33

II Energie

5	Energiegewinnung unter verschiedenen Belastungszeiten	40
5.1	Energiegewinnung in der Übersicht	40
5.2	Energie für extrem kurze Intensivbelastungen	40
5.3	Energie für Hochleistungen bis maximal 3 Minuten	40
5.4	Energie für Dauerbelastungen: aerobe Energiebereitstellung ...	41
5.5	Ermüdung und Energiereserven	42

6	Schnelle und langsame Energiequellen				44
6.1	Energiequellen in der Übersicht	44	6.3	Kohlenhydrate – die schnelle Energie	44
6.2	Fette – die langsame Energie ...	44	6.4	Ausdauertrainierte – bessere „Fettverbrenner“	45
7	Wirkung von Ausdauertraining				46
7.1	Was versteht man unter Ausdauer?	46	7.3	Vorteil der Anpassung des Kohlenhydratstoffwechsels	49
7.2	Anpassungsmechanismen	46			
8	Kohlenhydrataufnahme und körperliche Leistung				50
8.1	Kohlenhydrataufnahme in der Übersicht	50	8.4	Kohlenhydratgaben während der Belastung	51
8.2	Glykogenreserven und Leistung	50	8.5	Hypoglykämie – die Last mit dem „Hungerast“	53
8.3	Kohlenhydrataufnahme vor Belastung	51			
III	Wettkampfernährung				
9	Ernährung vor, während und nach dem Wettkampf				56
9.1	Es gibt nicht „die“ eine Wettkampfernährung	56	9.3	Während des Wettkampfs	59
9.2	Vor dem Wettkampf	56	9.4	Regeneration – nach dem Wettkampf	61
10	Sportartspezifische Wettkampfernährung				65
10.1	Vorwettkampfernährung 3–7 Tage zuvor	65	10.4	Triathlon	68
10.2	Während des Wettkampfs – Empfehlungen für verschiedene Sportarten	65	10.5	Ultra-Ausdauersport	72
10.3	Spielsport	65	10.6	Hyponatriämie – Gefahr bei Ultralangstreckenbelastungen ..	74

11	Wettkampfernährung bei Hitze, Kälte oder Magen-Darm-Beschwerden.....				76
11.1	Hitze und hohe Luftfeuchtigkeit	76	11.3	Magen-Darm-Beschwerden	77
11.2	Kälte.....	76			
12	Ernährungstechniken.....				78
12.1	Kohlenhydratloading – Ernährungstechnik für Ausdauerbelastungen.....	78	12.4	„Low Carb“ für Sportler – Hype oder Chance?	85
12.2	„Gewichtmachen“ im Kampfsport und Bodybuilding	82	12.5	Fettstoffwechseltraining: Nüchterntraining und „Train Low“?	88
12.3	Gewichtsreduktion	83			
13	Sportliche Energiespender.....				92
13.1	Sportriegel – was macht einen guten Riegel aus?.....	92	13.3	Energy Gels	102
13.2	Maltodextrin und Traubenzucker	94			
IV	Flüssigkeitshaushalt und Trinken				
14	Flüssigkeitshaushalt im Sport				106
14.1	Wasserverteilung in unserem Körper	106	14.3	Muskelkrämpfe.....	107
14.2	Flüssigkeitsmangel und Signale des Körpers	107			
15	Richtig trinken im Sport.....				109
15.1	Basiswissen Trinken.....	109	15.4	Trinken so viel es geht?	112
15.2	Flüssigkeitsbedarf	110	15.5	Geeignete Getränke.....	113
15.3	Welche Stoffe verliert der Körper über den Schweiß?	111	15.6	Sport und Kaffee.....	117
			15.7	Energy Drinks	117

V	Proteine und Muskelaufbau		
16	Proteinzufuhr – Empfehlung	.....	122
16.1	Proteinbedarf im Überblick	.....	122
16.2	Proteinzufuhr für den Muskelaufbau	.....	123
16.3	Proteinaufnahme in der Regeneration	.....	124
16.4	Fazit	.....	125
17	Muskelaufbau – Möglichkeiten durch die Ernährung	.....	126
17.1	Zwischen Wunschgedanke und Realität	.....	126
17.2	Wie kommt es zum Muskelzuwachs?	.....	126
17.3	Mehr Muskeln durch mehr Protein?	.....	126
17.4	Warum schützen Kohlenhydrate die Muskulatur?	.....	127
17.5	Kraftsport und Proteinzufuhr	...	127
17.6	Tierisches Protein für starke Muskeln?	.....	127
17.7	Wie gelingt eine ideale Kraftsport-Ernährung?	.....	128
17.8	Proteinqualität – die richtige Kombination	.....	129
18	Proteinpräparate – was können sie wirklich?	.....	131
18.1	Proteinpulver vs. Lebensmittel	..	131
18.2	Sinnvoller Einsatz von Proteinsupplementen	.....	131
18.3	Aminosäurepräparate/ freie Aminosäuren	.....	131
18.4	Qualität der Protein-supplemente	.....	132
18.5	Proteinriegel – die bessere Wahl		132
18.6	Fazit Proteinpräparate	.....	133
19	Risiken durch zu viel Protein?	.....	134
19.1	Wissenschaftliche Betrachtung von Nebenwirkungen	.....	134
19.2	Empfehlung	.....	134

VI	Vitamine und Mineralstoffe	
20	Vitamine im Sport	136
20.1	Nomenklatur der Vitamine	136
20.2	Brauchen Sportler mehr Vitamine?	136
20.3	Fettlösliche Vitamine	139
20.4	Wasserlösliche Vitamine	142
20.5	Antioxidative Vitamine im Leistungssport	144
21	Mineralstoffe: Mengen- und Spurenelemente im Sport	147
21.1	Nomenklatur der Mineralstoffe ..	147
21.2	Mengenelemente: Hauptfunktionen und Vorkommen ...	147
21.3	Spurenelemente: Hauptfunktionen und Vorkommen ...	151
21.4	Mineralstoffbedarf für Sportler ..	154
21.5	Vitamin- oder Mineralstoff-Supplementierung	155
21.6	Kritische Mikronährstoffe – Zusammenfassung	155
VII	Leistungssteigernde Substanzen	
22	Definition, Sinn und Unsinn, Dopinggefahr	160
22.1	Was sind leistungssteigernde Substanzen?	160
22.2	Sinn und Unsinn von Supplementen	160
22.3	Supplemente und Doping-substanzen	160
23	Überblick zu potenziell leistungssteigernden Substanzen	161
23.1	Supplemente in der Übersicht ..	161
23.2	Carnitin	164
23.3	Coenzym Q₁₀ (Ubichinon)	165
23.4	Koffein	165
23.5	Kreatin	167
23.6	Beta-hydroxy-beta-Methylbutyrat (HMB)	168
23.7	Taurin	168
23.8	Inosin	169
23.9	Glycerol für mehr Hitzetoleranz	169
23.10	Natriumbicarbonat	169
23.11	Nitrat, Rote Beetesaft	171
23.12	Nahrungsergänzungsmittel für Gelenke?	172

VIII Immunsystem, Sport und Ernährung

24	Stärkt Sport das Immunsystem?	176		
24.1	Starkes Immunsystem: Basiswissen.	176	24.4	„Angriff“ von freien Radikalen .. 176
24.2	Sportbedingte Immunmodulation durch „positiven“ Stress ... 176		24.5	Schutz vor freien Radikalen ist trainierbar. 177
24.3	Infektanfälligkeit durch intensiven Ausdauersport? 176		24.6	Fazit 177
25	Welchen Schutz bieten Nahrungsbestandteile oder Supplemente für den Sportler?	178		
25.1	Sinnvolle Supplementierung ... 178		25.7	Zink. 179
25.2	Vitamin C 178		25.8	Eisen 179
25.3	Vitamin E. 178		25.9	Glutamin 180
25.4	Vitamin A 178		25.10	Kohlenhydrate. 180
25.5	Vitamin B₁₂. 179		25.11	Prä- und Probiotika 180
25.6	Vitamin D 179			

IX Sporternährung für Kinder und Jugendliche

26	Sporternährung für Kinder – Gesundheit und Vorsprung durch richtiges Essen.	184		
26.1	Gesunde Basisernährung 184			
27	Kinder und Erwachsene – wo liegen die Unterschiede?	185		
28	Ernährung richtig kombiniert.	186		
28.1	Energie für sportliche Kinder ... 186		28.4	Fett – maßvoll und gute Fette .. 189
28.2	Körperlich und mental fit durch Kohlenhydrate. 186		28.5	Mikronährstoffe – Vitamine und Mineralstoffe 190
28.3	Protein – der Baustein für das Wachstum. 188			

29	Trainings- und Wettkampfernährung für junge Athleten.....	193		
29.1	Der Wettkampftag	193	29.3	Richtig trinken für Kinder
29.2	Regeneration.....	193		194
30	Supplemente – Sonderfall Kinder und Jugendliche.....			197
30.1	Fazit	197		
31	Rund ums Gewicht.....			198
31.1	Übergewicht	198	31.2	Risiken bei zu niedrigem Gewicht im Leistungssport
				200
X	Optimale Ernährung in großen Höhen			
32	In dünner Luft – was ist anders?.....			202
32.1	Ernährung in großen Höhen: Basiswissen	202		
33	Flüssigkeitsaufnahme und Elektrolyte – trinken, trinken, trinken....			203
33.1	Flüssigkeitsaufnahme.....	203	33.3	Elektrolytersatz
33.2	Einschätzung des persönlichen Wasserstatus.....	203		204
34	Energiebedarf			205
34.1	Gewichtsverlust in der Höhe....	205	34.4	Mehr Mikronährstoffe in der Höhe?.....
34.2	Unterschiede im Energiebedarf.	205		207
34.3	Zusammensetzung der Nahrung	206		
35	Verdauungsbeschwerden und Durchfall.....			209
35.1	Prophylaxe-Grundregeln	209	35.3	Ernährungstipps bei Diarrhoe ..
35.2	Prophylaxe-Supplemente	209		209

XI	Körperzusammensetzung und Körperbautypen	
36	Bestimmung des Ernährungsstatus in der Praxis	212
36.1	Körperbau-Indizes: Grundlagen .	212
37	Körperkompartimente	213
37.1	Körperzusammensetzung: Grundlagen	213
38	Methoden zur Erfassung der Körperzusammensetzung	214
38.1	Anthropometrie: Hautfettfalten-, Breiten- und Umfangsmessung	214
38.2	Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)	222
38.3	Infrarot-Reflexionsmessung	222
39	Körperbautypen (Konstitutionstypen)	224
39.1	Einführung in die Konstitutionstypologie	224
39.2	Somatotypisierung nach Sheldon sowie Heath und Carter	224
39.3	Zweipoliges Körperbautypensystem nach Conrad	228
XII	Esstörungen bei Sportlern	
40	Esstörungen	234
40.1	Wer ist besonders gefährdet? ...	234
40.2	Anorexia athletica	234
40.3	Kennzeichen der Magersucht ...	234
40.4	Informationen und Hilfe zu Magersucht oder Bulimie	234
40.5	Inverse Anorexie	236
XIII	Sporternährung in Fachzeitschriften und im Internet	
41	Sporternährung in Fachzeitschriften	238
42	Sporternährung im Internet	240

XIV Beratungspraxis

43	Tages-Ernährungsprotokoll.....	242			
43.1	Protokoll-Vorlage.....	242	43.2	Übliche Haushaltsmaße/ Portionseinheiten (Beispiele) ...	243
44	Ernährungspläne.....				246
44.1	Beispiel-Pläne	246			
45	Rezepte zur Sportlerkost.....				264
45.1	Beispiel-Rezepte	264			
	Sachverzeichnis				271



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 Skelettmuskelmasse (in kg) vor, die an einem Kollektiv mit der Altersspanne 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 anaboler 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. Bodybuilder, die den Einsatz von anabolen Steroiden ablehnen, lagen alle unter dem Wert 25,0, während viele der Anabolika-Nutzer darüberlagen. Einschränkungen dieser an Bodybuildern entwickelten Anthropometrie-Methode ergeben sich bei hohem prozentualen Fettanteil bei Sportlern, weil dann auch der Magermasseanteil leicht den Wert 25,0 überschreiten kann. Auch für die Überprüfung 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 anthropometrische 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

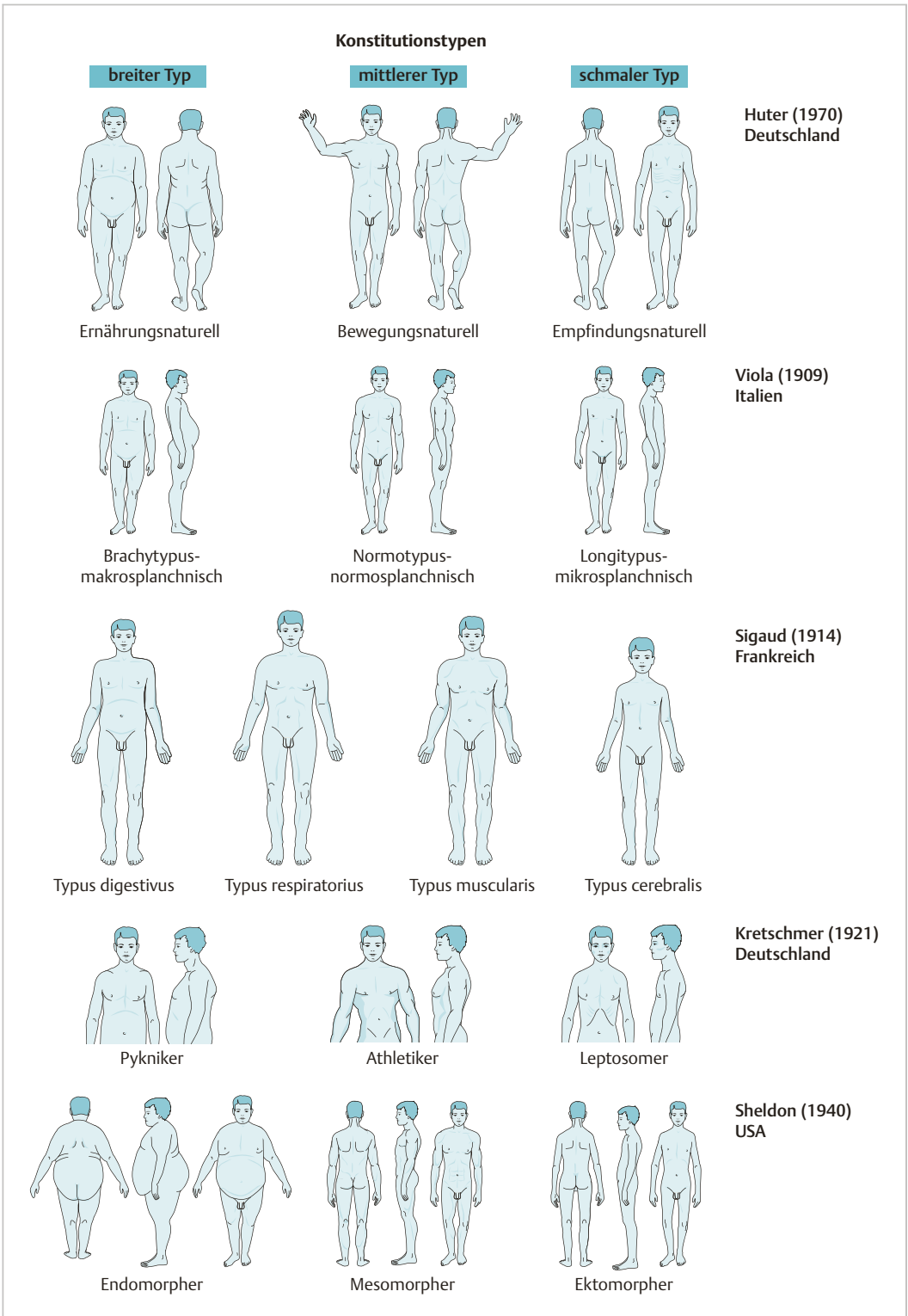
In den meisten Konstitutionsschulen des 20. Jahrhunderts werden drei Körperbau-Typen unterschieden:

- **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]

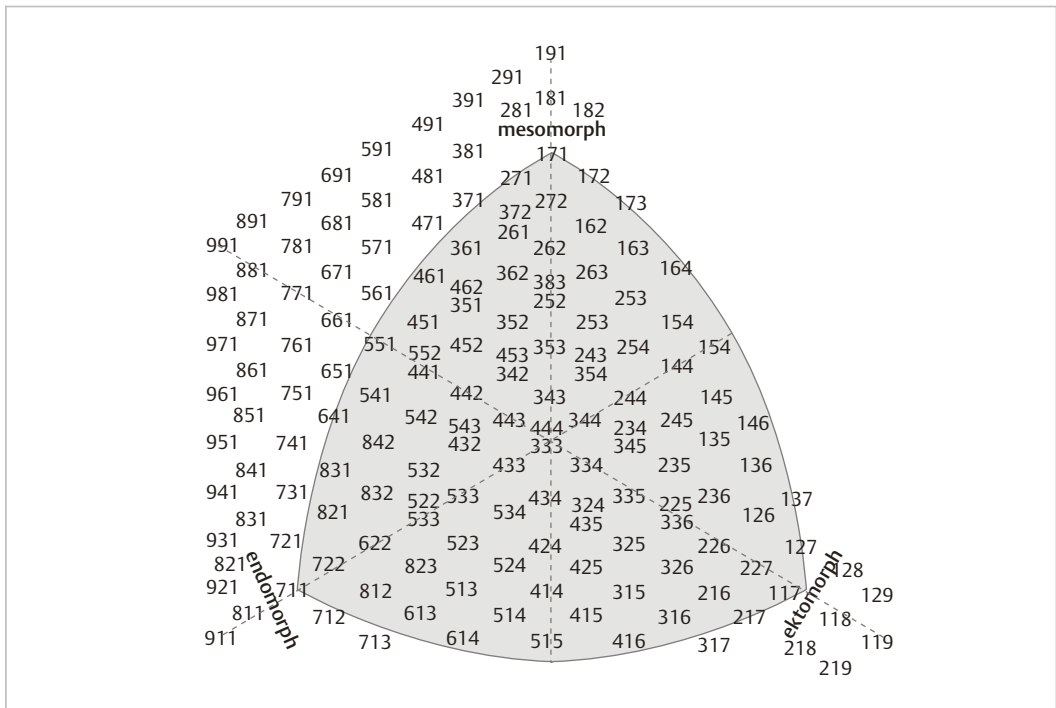


Abb. 39.2 Somatochart nach Heath und Carter [3].

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: