

K.-P. Herm

Methoden der Körperfettbestimmung

Zusammenfassung

Körperdepotfettbestimmungen werden regelmäßig an Sportlern durchgeführt, um Körperfett und fettfreie Masse anteilmäßig zu beurteilen. Dadurch kann der Bezug zum Trainings-, Gesundheits- oder Ernährungszustand hergestellt werden. Es gibt drei Methodenbereiche zur Körperfettbestimmung: Die anthropometrische Methode (z.B.: Kalipermetrie), die Labormethode (z.B.: Densitometrie) und neuere Methoden (z.B.: Bioelektrische Impedanz Analyse - BIA). Hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile werden die verschiedenen Methoden verglichen und kritisch bewertet. Die Kalipermetrie ist eine ausreichend genaue Methode zur Körperfettbestimmung bei Sportlern.

Einleitung

Das Körperdepotfett ist nicht nur Ballastsubstanz, sondern auch eine wichtige aerobe Energiequelle. Bei niedrig intensiven und langdauernden Belastungen ist es am Stoffwechselprozess wesentlich beteiligt. In der Regel soll sein Anteil an der Körpermasse möglichst niedrig, jedoch je nach Sportart in einem optimalen Bereich gehalten werden. In verschiedenen Sportarten (z.B. Kugelstoßen, Gewichtheben, Sumoringen) kann sich ein prozentual höherer Körperdepotfettanteil bei einer hohen Muskel- und Gesamtkörpermasse sogar günstig auf die sportartspezifische Leistungsfähigkeit auswirken. Die Höhe der Fettwerte lässt Rückschlüsse auf den Ernährungszustand (Über-, Untergewicht, Adipositas), den Gesundheitszustand (Herz-Kreislauf- oder Stoffwechselerkrankungen) und die sportliche Leistungsfähigkeit (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer) zu. Mit der Bestimmung des Körperdepotfettes sind Rückschlüsse auf die aktive Körpersubstanz (Muskulatur und Knochenbau) möglich. Diese Teilkörpermassen gestatten eine bessere Bewertung des Körperbauzustandes als einfache Körperbauindizes wie z.B. der Körpermasseindex (Body Mass Index = BMI; früher KAUP - Index), der BROCA - Index oder auch der Index der Körperfülle (ROHRER - Index). Diese schätzen nur das Verhältnis von Körperhöhe und Körpermasse zueinander, bei differenzierter Dimensionalität der Körperhöhe ein. Sportler mit viel Muskelmasse können einen hohen BMI aufweisen, so dass fälschlicherweise ein zu hoher Fettanteil angenommen wird. Aus dem Bestreben, möglichst exakt das Körperdepotfett des Organismus zu bestimmen, wurden die heute existierenden verschiedenen Methoden entwickelt (Tab. 1).

Anthropometrische Methoden

Die Anteile des Körperdepotfettes werden auf der Grundlage einer metrischen Erfassung der Hautfaltdicke an verschiedenen Stellen des Körpers, bei einer Orientierung anhand von morphologischen Merkmalen, bestimmt. Die einfachste Methode ist die Kalipermetrie. Mit einem Kaliper (z.B. Slim Guide, Harpenden, Holtain oder Lange Hautfalten Kaliper) wird die doppelte Hautfalte durch Abheben der Haut mittels Zeigefinger und Daumen gemessen. Diese Methode ist kostengünstig und mit einem Messfehler von 3 % hinreichend genau. Durch vorgegebene Messvorschriften ist eine Untersuchung leicht und präzise zu handhaben. Die Hautfaltenmessung ist sowohl im Labor als auch bei Feldun-

tersuchungen (Training, Wettkampf) anwendbar. Durch die vorhandene standardisierte Messtechnik und -methodik kann der Untersucher einzelne oder mehrere Hautfaltenmessungen mittels Kaliper vornehmen. Auf Grund der Hautfaltensumme wird das gesamte Körperdepotfett erfasst bzw. anhand einzelner Messstellen die Verteilung des Unterhautfettgewebes verschiedener Bereiche des Körpers beurteilt. Vor den Messungen ist zu klären, nach welcher Methode, die durch Art und Anzahl der Hautfalten charakterisiert sein kann, gemessen werden soll. In der Sportpraxis werden standardisierte Messvorschriften (1, 2, 5, 6) mit den entsprechenden Vorgaben genutzt.

Im weiteren Sinne gehören zu den anthropometrischen Methoden auch teure und aufwändige Verfahren wie die Weichteilröntgenografie, die Computertomografie, die Magnetresonanztomografie sowie die Sonografie. Dabei wird das auf einem Bildschirm abgebildete Fettgewebe vermessen und die Stärke des Körperfettes an den gewünschten Stellen ermittelt. Die röntgenologischen Methoden haben eine hohe Messgenauigkeit, sind aber zum Teil strahlenbelastend und die Auswertung erfordert qualifiziertes Fachpersonal.

Die nicht strahlenbelastende Ultraschallmessung des Körperfettes ist gegenüber der Kalipermetrie zeitaufwändiger und erfordert eine Ultraschallbefähigung. Die Korrelation zwischen Hautfalten- und Ultraschallmessung wird mit $r = 0.8$ angegeben.

Klassische Labormethoden

Mit der Densitometrie wird durch Unterwasserwägung - deshalb auch Hydrodensitometrie genannt - die Körperdichte ermittelt. Diese ergibt sich aus der Formel:

$$\text{Körperdichte (g} \cdot \text{cm}^{-3}\text{)} = \text{Körpermasse (g)} / \text{Körpervolumen (cm}^3\text{)}.$$

Über das Verhältnis von Körpermasse zu Körpervolumen werden Fett und fettfreie Masse bestimmt. Die Densitometrie ist auch die Referenzmethode für die Kalipermetrie. Eine densitometrische Untersuchung ist sehr zeitaufwändig. Beispielsweise ist vor der Unterwasserwägung eine Restluftbestimmung nötig, um möglichst exakte Dichtewerte zu erhalten. Dieses Verfahren wird nur für ausgewählte Untersuchungen in einem Labor mit Wasertank herangezogen.

Die Körperwasserbestimmung oder Hydrometrie, auch Gesamtkörperwasserschätzung (GKW) genannt, beruht auf dem Verdünnungsprinzip von Flüssigkeiten (Blut), wobei mit Hilfe von Deuterium, Tritium und Harnstoff entsprechende Analysen erfolgen. Grundlage ist die Annahme, dass Körperwasser einen konstanten Anteil von 73,2 % fettfreier Körpermasse ausmacht ($\text{GKW} = \text{fFM} \cdot 0,73$). Die Korrelation zwischen Körpermasse und Gesamtkörperwasser ist mit $r = 0,96$ bis $0,99$ sehr hoch. Diese Methode ist nur in entsprechend technisch gut ausgerüsteten Labors mit qualifiziertem Personal möglich. Die Messgenauigkeit ist sehr gut.

Ähnliches trifft auch für die Bestimmung des Körperkaliums zu. In der Kaliometrie wird das Gesamtkörperkalium über das Isotop ^{42}K bestimmt. Die Untersuchungen erfordern intravenöse Zugänge, analysieren den Kaliumbestand mittels Gammastrahlen und beurteilen das Verhältnis von körpereigenem Kalium und fettfreiem Gewicht. Die hohen Kosten sowie eine lange Untersuchungsdauer lassen diese Methode im Sport als nicht praxisrelevant erscheinen.

Neuere Methoden

Zu den neueren Methoden gehören Impedanzmessung und Infrarotmessung. Beide wurden zunächst für andere Bereiche, z.B. in der Landwirtschaft und für die Bestimmung des Feuchtigkeits- oder Eiweißanteils von Getreidesorten, entwickelt. Am verbreitetsten ist die Impedanzmessung, bei der die elektrische Leitfähigkeit des Organismus bestimmt wird. Das magere Muskelgewebe hat wegen des höheren Flüssigkeits- und Elektrolytgehaltes eine größere elektrische Leitfähigkeit als das Fettgewebe, so

Tabelle 1: Methodenvergleich zur Teilkörpermassenbestimmung

Methoden	Anschaffungskosten (€)	Genauigkeit (%)	Untersuchungsdauer (Min.)	Handhabung
Anthropometrische Methoden				
Kalipermetrie	18-500	3	1-3	bis 15 Hautfalten, einfach
Ultraschall	1.500-50.000	3-10	3-5	einfach
MRT, CT	> 500.000	<2	1-10	Spezialisten erforderlich, Strahlenbelastung
Klassische Laboratoriumsmethoden				
Densitometrie	25.000-30.000	2,5	20-30	schwer
Körperwasserbestimmung Deuterium-Oxid/Tritiummarkiertes Wasser	5.000	2,5	120-240	schwer, invasiv Strahlungsbelastung
Gesamtkörperkalium-Bestimmung	>300.000	5	60	teilweise invasiv
Neuere Methoden				
Bioelektrische Impedanz-Messung	78-5.000	2,7	1-5	Waage einfach, Hand zu Fuß Messung schwieriger
Infrarotstrahlungsmessungen	bis 2.000	2	1	einfach

dass mittels eines geringen Stromflusses durch den Körper und des dabei gemessenen Widerstandes auf die im Organismus vorhandene Fett- und Magermasse geschlossen wird.

Impedanzmessung

Es gibt zwei Gerätetendenzen für die Impedanzmessungen, erstens den Body-Impedanz-Analyser (BIA), der über Elektroden einer „Hand zu Fuß“ Messung funktioniert und zweitens, die BIA-Waage zur Körpermassebestimmung mit integriertem Modul der Impedanzmessung auf der Basis einer „Fuß zu Fuß“ Stromflussmessung. Der Preis der Geräte ist je nach Ausführung sehr unterschiedlich. Inwieweit durch den Gerätepreis auch die Qualität der Messungen betroffen ist, kann nicht eingeschätzt werden. Kritisch müssen die fehlenden, im System benutzten Referenzverfahren sowie der unzureichend bekannte wissenschaftliche und methodische Hintergrund der Fettbestimmung mittels BIA hervorgehoben werden. Außerdem besteht durch die Vielzahl der auf dem Markt inzwischen angebotenen sogenannten Fettwaagen ein unüberschaubares Bild der Aussagekraft der Messungen. Die Messgenauigkeit soll bei 2,7 % liegen. Eine methodenkritische Auseinandersetzung der Body-Impedanz-Messung erscheint notwendig. Auf Grund eigener Vergleiche von Körperfettmessungen mittels Body-Impedanz-Messgerät mit den kalipermetrischen Hautfaltenmessungen bestehen erhebliche Zweifel an der Genauigkeit der Impedanzmessung. Es ergaben sich erhebliche Differenzen sowohl hinsichtlich der Absolutwerte als auch bei Wiederholungsmessungen. Bei der Impedanzmessung wurden bis zu 6,8 % höhere Fettanteile gegenüber jenen der Hautfaltenmessungen (z.B. Handball-Nationalspielerinnen, Hautfaltenfett = 16,8 %, Impedanz-Fett = 23,6 %) ermittelt. Andere, auch in der Literatur bestätigte Befunde über Fettmessungen vor und nach einer Belastung (z.B. Fahrradergometer, Sauna, Laufband) zeigen, dass die Streuung der Messwerte bei der Impedanzmethode größer ist als bei der Kalipermetrie. Offensichtlich sind die beeinflussenden inneren und äußeren Faktoren bei der Impedanzmethode vielfältig. Dazu gehört der äußerlich nicht zu erkennende Flüssigkeitshaushalt des Organismus, auf dem die Impedanzmessung beruht. So ist die Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe durch die Versuchsperson vor einer Impedanzmessung meist nicht nachvollzieh- und kontrollierbar. Schweißbildung durch Belastung oder auch psychische Er-

regung (Schweißfüße oder -hände) beeinflusst die Messgenauigkeit. Unterschiedliche Temperaturen der Hautoberfläche an den Händen und Füßen, besonders bei trainings- oder wettkampfnahen Untersuchungen, führen während der Elektrodenmessungen offensichtlich nicht nur zu systematischen Fehlern. Hinzu kommt, dass durch ein verschiedenartiges Positionieren der Elektroden an den Händen und Füßen erhebliche Messdifferenzen auftreten können. Diese Beeinträchtigungen sollten bei sportmedizinischen Untersuchungen mit BIA-Geräten bedacht werden. Auch wäre eine Standardisierung der Impedanzmessung durch eine Beschränkung der Gerätevielfalt notwendig. Gänzlich unbekannt sind Normwerte.

Infrarotmessung

Die Messung der Infrarotstrahlung am Muskel wird als leicht handhabbare und genaue Methode beschrieben. Während des Messvorganges erfolgt eine Neutronen-Aktivierung mit der gleichzeitigen Analyse des extrazellulären Raumes (Körperwasser)

und des Körpereiwisses. Bekannt ist das Gerät Futrex, welches auf die Haut des Oberarmes (Bizeps) aufgesetzt wird und sowohl einfach als auch schnell zu bedienen ist. Durch den Messvorgang wird mittels einer dem Untersucher unbekannt Schätzfunktion der Fettanteil des Organismus automatisch bestimmt. Eine methodische Beschreibung der Fettmessung erfolgt nicht. Daher lässt sich der Messvorgang ebenso wenig nachvollziehen wie jener der Impedanzmessung. Eine methodenkritische Auseinandersetzung ist deshalb auch für dieses Verfahren notwendig.

Praktische Schlussfolgerung

Für die Sportmedizin ist die Körperfettbestimmung mittels Kalipermetrie definierter Hautfalten eine ausreichend zuverlässige und praktikable Methode. Veränderungen des Körperfettanteils, die für den Gesundheitszustand und die sportliche Leistungsfähigkeit relevant sind, können erfasst werden. Auch außerhalb des Labors unter Feldbedingungen ist die Hautfaltenmessung ohne Verlust an Genauigkeit anwendbar. Andere, auf den ersten Blick einfach durchführbare Methoden müssen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit kritisch hinterfragt werden.

Literatur

1. Durnin JVGA, Womersley J: Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. Br J Nutrition 32 (1974) 77-97.
2. Heath BH, Carter JEL: A modified somatotype method. Am J Phys Anthropol 27 (1967) 57-74.
3. Herm K-P: Die Messung der Hautfalte (Kalipermetrie) und Ermittlung des Körperdepotfettes. Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Die essgestörte Athletin, 5 (1996) 69-74.
4. Matiegka J: The testing of physical efficiency. Am J Phys Anthropol 4 (1921) 223-230.
5. Parizkova J: Particularities of lean body mass and fat development in growing boys related to their motor activity. Acta paediatrica belgium 28 (1974) 233-243.

Dr. Klaus-Peter Herm
Wöhrstr. 19, 32549 Bad Oeyenhausen