

ACCEPTED: March 2022

PUBLISHED ONLINE: April 2022

Kobel S, Kirsten J, Kelso A. Anthropometry – assessment of body composition. Dtsch Z Sportmed. 2022; 73: 106-111. doi:10.5960/dzsm.2022.527

Anthropometrie – Bestimmung von Körperkomposition

Anthropometry – Assessment of Body Composition

1. ULM UNIVERSITY HOSPITAL, Centre of Medicine, Division of Sports- and Rehabilitation Medicine, Ulm, Germany
2. TECHNICAL UNIVERSITY OF MUNICH, Department of Sport and Health Sciences, Professorship of Educational Science in Sport and Health, Munich, Germany

Zusammenfassung

- › **Anthropometrische Messungen** sind nicht-invasive und leicht durchführbare Messungen mit breitem Anwendungsbereich sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen, inklusive Athleten. Sie können verwendet werden, um Risikofaktoren zu diagnostizieren, Leistungen zu verbessern und Patienten dabei zu helfen, die Entwicklung nach einer Behandlung zu beurteilen.
- › **Um Langzeitergebnisse von Patienten zu verbessern**, sollte ein interprofessionelles Team zusammenarbeiten, um konsistent reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen, die für den klinischen Bereich gelten. Genaue Reihenmessungen sind wichtig für zuverlässige Indikatoren.
- › **Dies kann dazu beitragen**, Personen mit Risikofaktoren frühzeitig zu erkennen, einen gesunden Lebensstil zu fördern und Leistungen von Sportlern zu steigern. Die Wahl der geeigneten Bewertungsmethode hängt von Ziel, Ressourcen, Population und der erforderlichen Genauigkeit ab.

SCHLÜSSELWÖRTER:

BMI, Hautfalten, Ultraschall, Waist-to-Height-Ratio (WHtR), Taillenumfang, MRT, BodPod

Einleitung

Das Erfassen von Körperkomposition kann wertvolle Informationen über den Gesundheitszustand, die Ernährungssituation, die körperliche Entwicklung und über die (sportliche) Leistungsfähigkeit liefern. Anthropometrische Messungen sind quantitative Messungen des Körpers, für die nicht-invasive Werkzeuge und Methoden existieren. In der pädiatrischen Population werden anthropometrische Werte verwendet, um die Entwicklung und den Gesundheitszustand des Kindes zu ermitteln (12). Bei Erwachsenen können solche Messungen helfen, den Gesundheits- und Ernährungszustand sowie potenzielle Risikofaktoren für Krankheiten wie Fettleibigkeit zu erfassen (13). Bei Sportlern spielt das Erfassen der Körperkomposition eine Schlüsselrolle bei der Überwachung von Leistung und Trainingsroutinen (1).

Die wesentlichen Komponenten der Anthropometrie sind Körpergröße, Körpergewicht (und damit der Body Mass Index (BMI)) sowie Körperumfang und Messungen zur Schätzung der Körperkomposition.

Genaue, regelmäßige anthropometrische Untersuchungen können dabei helfen, zugrundeliegende medizinische, ernährungsbedingte oder soziale Probleme bei Kindern (3, 5) und Erwachsenen zu identifizieren. Die Körperkomposition ist eine wichtige Gesundheits- und Leistungsvariable, weshalb bei Erwachsenen anthropometrische Messungen bei jedem Arztbesuch empfohlen werden. Darüber hinaus wur-

de bei Sportlern eine verbesserte Körperkomposition mit erhöhter Kraft und kardiorespiratorischer Fitness assoziiert (15, 32).

Einmalige Messungen sind nicht ratsam, da genaue Reihenmessungen über die Zeit der wichtigste Aspekt der Anthropometrie sind, um einen zuverlässigen Indikator für Risikofaktoren zu erhalten. Je nach Population und Interesse gibt es unterschiedliche (mehr oder weniger genaue) Messmethoden zur Beurteilung der Körperkomposition. Die für die Allgemeinbevölkerung und Sportler relevantesten Methoden sind in diesem Artikel beschrieben.

Hinweise für anthropometrische Messungen und Analyse der Körperkomposition

Es ist essentiell, validierte und reliable Methoden zu verwenden, die am besten in einem standardisierten Protokoll beschrieben sind, so wie das von ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry; (34)). Darüber hinaus ist es entscheidend, dass nur gut geschulte Personen solche Messungen durchführen und dass das körperliche und emotionale Wohlbefinden des Probanden zu keiner Zeit während der Untersuchung beeinträchtigt wird. Daher werden in diesem Artikel wichtige Aspekte zusammengefasst, die vor jeder Erfassung, unabhängig von Methode oder verwendetem Messinstrument, berücksichtigt werden sollten.



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

PD Dr. Susanne Kobel
Sport and Exercise Scientist, Ulm University Hospital, Centre of Medicine, Division of Sports- and Rehabilitation Medicine
Frauensteige 6 – Haus 58/33
89075 Ulm, Germany
✉: susanne.kobel@uni-ulm.de

Überlegungen vor anthropometrischen Untersuchungen und Analysen der Körperzusammensetzung

- Um Privatsphäre zu gewährleisten, sollten Messungen in einem separaten, privaten Raum oder in einem abgeschirmten Bereich durchgeführt werden.
- Die Möglichkeit, sich von einem Freund oder Elternteil begleiten zu lassen, sollte immer angeboten werden, insbesondere bei der Untersuchung von Kindern.
- Der persönliche Abstand sollte immer respektiert werden, weshalb die meisten Messungen von der Seite vorgenommen werden sollten.
- Nach Möglichkeit, sollte die Person, die den Probanden misst, genügend Platz haben, um sich problemlos um den Probanden herumzubewegen und die Messinstrumente ungehindert bedienen zu können. Zu wenig Platz kann zu ungenauen Messungen führen.
- Die Ausrüstung und die Hände des Untersuchers sollten vor und nach jeder Messung gereinigt werden.
- Kulturelle Empfindlichkeiten und soziokulturelle Aspekte der Berührung sollten berücksichtigt werden, einschließlich kultureller Überzeugungen in Sachen der Kleidung.

Anthropometrische Messmethoden

Im Folgenden werden die am häufigsten angewandten Mess- und Untersuchungsmethoden einschließlich der erforderlichen Messinstrumente und des Anwendungsbereichs beschrieben.

Körpergröße

Die Größe einer Person wird mittels Stadiometer gemessen, das idealerweise an der Wand befestigt ist. Der Boden sollte eben und hart sein (34).

Die Körpergröße wird mittels Streckmethode gemessen und ist definiert als der „senkrechte Abstand zwischen den Querebenen des obersten Schädelpunktes bei Kopfhaltung in der Frankfurter Ebene und der Unterseite der Füße“ (34). Daher muss der Proband mit geschlossenen Fersen, Gesäß und oberem Teil des Rückens die Messlatte berühren und den Kopf in der Frankfurter Ebene ausrichten (Unterkante der Augenhöhle in der gleichen horizontalen Ebene wie die Kerbe oberhalb des Tragus des Ohres). Bei der Ausrichtung wird der höchste Punkt des Schädels als Referenz für die Körpergröße einer Person verwendet.

Körpergewicht

Das Körpergewicht erfasst die Körpermasse einer Person mithilfe einer kalibrierten (elektronischen) Waage. Die regelmäßige und zertifizierte Kalibrierung aller Waagen ist entscheidend, ebenso wie das Trieren vor jedem Gebrauch. Beim Wiegen steht die Person in der Mitte der Waage und verteilt das Gewicht ohne Unterstützung gleichmäßig auf beide Füße.

Da das Körpergewicht zirkadiane Schwankungen aufweist, ist es wichtig, den Zeitpunkt der Messung aufzuzeichnen.

Body Mass Index (BMI)

Der BMI wird häufig als Maß für Übergewicht und Adipositas verwendet. Zur Berechnung des BMI wird das Körpergewicht ins Verhältnis zur Körpergröße gesetzt (kg/m^2). Der BMI wird zur Gewichtsklassifizierung in großen Populationen verwendet (39).

Der BMI ist jedoch nur ein relatives Maß für das Gewicht und berücksichtigt nicht die individuelle Zusammensetzung der Körpermasse aus Fett- und Muskelgewebe, die Körperform oder das Geschlecht einer Person. Die Grenzwerte (Tabelle 1)

Tabelle 1

Klassifikation des Gewichtsstatus auf der Basis des Body Mass Index (BMI; 39).

GEWICHTSSTATUS	BMI (KG/M ²)
Untergewicht	<18,5 kg/m ²
Normalgewicht	18,5-24,9 kg/m ²
Übergewicht	≥25 kg/m ²
Adipositas	≥30 kg/m ²

unterschätzen auch das Adipositasrisiko in bestimmten Bevölkerungsgruppen, wie z. B. Spitzensportlern und Bodybuildern. Daher ist der BMI als alleiniges Mittel zur Klassifikation einer Person als adipös oder unterernährt unzureichend. Um jedoch das Risiko für Adipositas zu bestimmen, wird die BMI-Messung für alle Personen ab zwei Jahren empfohlen. Für Kinder werden alters- und geschlechtsspezifische BMI-Perzentile/z-Scores empfohlen (z. B. 24).

Massenindex (MI)

Ein alternatives Maß für das relative Körpergewicht, das die individuelle Sitzhöhe (s) und damit implizit auch die Beinlänge berücksichtigt, ist der Massenindex ($\text{MI} = 0,53 \text{ m/h}$), wobei m das Körpergewicht und h die Körpergröße ist (1,21). BMI und MI sind gleich, wenn das Verhältnis von Sitzhöhe zu Körpergröße $s/h = 0,53$ (1,21) ist. Die WHO-Grenzwerte für Untergewicht, Übergewicht und Adipositas (21) können beibehalten werden, wenn der BMI durch den MI ersetzt wird.

Umfang

Die am häufigsten gemessenen Umfänge sind Taillen- und Hüftumfang, die zur Abschätzung des Körperfetts verwendet werden können. Um den Umfang genau zu messen, sollte ein flexibles, nicht dehnbares Maßband, nicht breiter als 7 mm, idealerweise aus Stahl, verwendet werden (34).

Taillenumfang

Der Taillenumfang wird an der schmalsten Stelle des Abdomens „zwischen dem unteren Rippenrand (10. Rippe) und der höchsten Stelle des Beckenkamms senkrecht zur Rumpflängsachse“ gemessen (34). Die Probanden stehen mit vor der Brust verschränkten Armen, die Messung erfolgt am Ende einer normalen Ausatmung (endtidal). Wenn keine offensichtliche Verengung vorhanden ist, sollte sie in der Mitte zwischen dem unteren Rippenrand und dem Beckenkamm gemessen werden.

Frauen und Männer mit einem Taillenumfang von $\geq 88 \text{ cm}$ bzw. $\geq 102 \text{ cm}$ gelten als abdominal adipös (4), bei Kindern liegen alters- und geschlechtsspezifische Werte vor (24).

In der klinischen Praxis wird empfohlen, die Messung des Taillenumfangs regelmäßig durchzuführen (26).

Hüftumfang

Um den Hüftumfang zu messen wird das Maßband in horizontaler Ebene „in Höhe des maximalen Gesäßumfangs senkrecht zur Rumpflängsachse“ geführt (34). Die Probanden stehen mit vor der Brust verschränkten Armen und entspannten Gesäßmuskeln.

Taille-Hüft-Index (Waist-to-Hip-Ratio, WHR) und Taille-Größe-Index (Waist-to-Height-Ratio, WHtR)

Als Indikator für die Gesundheit oder das Risiko, Krankheiten zu entwickeln, kann der Taille-Hüft-Index (Waist-to-Hip-Ratio, WHR) oder der Taille-Größe-Index (Waist-to-Height-Ratio, WHtR) berechnet werden. Der WHR wird berechnet als Taillenumfang geteilt durch den Hüftumfang. Der WHtR bezieht

sich auf das Verhältnis zwischen Taillenumfang und Körpergröße. Im Gegensatz zum weit verbreiteten BMI sollen diese Indexe Rückschlüsse auf die Körperfettverteilung geben und damit eine größere Aussagekraft hinsichtlich der gesundheitlichen Relevanz von Übergewicht ermöglichen (28).

Beide Indexe werden als indirektes Maß zur Bestimmung der abdominalen Adipositas verwendet, die definiert ist als ein WHR von $>0,90$ für Männer und $>0,85$ für Frauen (38) und ein WHtR von $\geq 0,5$ (geschlechtsunabhängig; 14). Höhere Werte weisen auf ein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen im Zusammenhang mit Adipositas hin (17).

Eine Zunahme des Taillenumfangs um 1 cm ist mit einem 2%igen Anstieg des Risikos zukünftiger kardiovaskulärer Erkrankungen verbunden, und eine Zunahme des WHR um 0,01 ist mit einem 5%igen Anstieg des kardiovaskulären Risikos verbunden (8). Während sich der WHR als effektiver Prädiktor für die Sterblichkeit bei älteren Menschen erwiesen hat (25), ist der WHtR bei der Untersuchung von Kindern unter fünf Jahren mit Vorsicht anzuwenden (17, 36).

Analyse der Körperkomposition

Um die Körperkomposition als Ganzes oder in Teilen zu ermitteln, gibt es Referenzmethoden mit hoher Genauigkeit sowie Feldmethoden, die sich in ihrer Validität unterscheiden, da sie häufig eine indirekte Messung der Körperkomposition darstellen. Zu den Referenzmethoden gehören Mehrkomponentenmodelle. Insbesondere das 4-Komponenten-Modell mit Messungen der Körperdichte (Hydrodensitometrie), des Gesamtkörperwassers (über die Isotopenverdünnungsanalyse) und des Knochenminerals (über Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DEXA)) ist die führende Referenzmethode für die Analyse der Körperkomposition (1). Die DEXA-Messung kann gleichzeitig den Zustand der Knochen-, Mager- und Fettmasse messen, was bei der Beurteilung von Athleten, die an Relativem Energiemangel im Sport (RED-S) leiden – ein Zustand, der sich auch auf die Knochengesundheit auswirkt – von entscheidender Bedeutung ist. Dennoch leidet die Verwendung von DEXA zur Erfassung der Ganzkörperkomposition immer noch unter einem Mangel an allgemeinen Referenzdaten, was sogar zu Schwierigkeiten beim Vergleich der Ergebnisse verschiedener Systeme führt (31). Zudem ist die Verwendung von (mehreren) laborbasierten Techniken kostspielig und zeitaufwändig und daher für große Studien nicht praktikabel (1), daher werden neben wenigen Labormethoden primär die für Praktiker relevantere Feldmethoden im Folgenden beschrieben.

Hydrodensitometrie und Luftverdrängungsplethysmographie

Das Unterwasserwiegen ist der aktuelle Goldstandard zur Messung der Körperdichte einer Person. Es misst das verdrängte Wasservolumen, um die Körperdichte zu bestimmen; danach kann die Körperkomposition ermittelt werden. Die Luftverdrängungsplethysmographie ist eine ähnliche densitometrische Methode, die auf dem gleichen Prinzip basiert – das Verdrängen des Luftvolumens anstelle des Wassers. Dieses Zwei-Komponenten-Modell, das Masse und Volumen und damit eine Schätzung der Körperdichte erfasst, liefert eine Schätzung von Fett und fettfreier Masse (FFM). Beide Methoden sind sehr zuverlässig und valide (10), erfordern jedoch sehr teure Anschaffungen. Zudem können Schätzfehler aufgrund unterschiedlicher Hydratationszustände und Bewegungen während der Messung auftreten (insbesondere bei der Luftverdrängungsplethysmographie).

Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT)

CT und MRT können die Muskelmasse und -qualität (9) sowie die abdominale Fettmasse quantifizieren. Aufgrund der unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften von wasser- und fettgebundenen Protonen ermöglicht MRT das Erfassen von fettfreien und fetthaltigen Gewebekompartimenten. Dadurch können Querschnittsflächen von Skelettmuskeln an bestimmten anatomischen Orientierungspunkten genaue Surrogate der gesamten Skelettmuskelmenge liefern und daher verwendet werden, um z. B. Patienten mit geringer Muskelmasse zu identifizieren (7). Das ist insbesondere bei adipösen Patienten von Vorteil, da Aspekte wie Sarkopenie durch herkömmliche anthropometrische Messungen wie BMI oder WHR nicht ausreichend erfasst werden können (7).

Abdominales Fett wird häufig mittels MRT erfasst, einschließlich des viszeralen Fettgewebes (23). Genaue Bilder des subkutanen Fettgewebes sind jedoch manchmal schwierig zu erhalten, da die Bildauflösung bei Verwendung unempfindlicher Spulen zu grob sein kann oder (insbesondere bei adipösen Patienten) das sichtbare Untersuchungsfeld nicht groß genug ist, um den gesamten Querschnitt abzubilden (20). Gleichungen sind verfügbar, die dieses Problem überwinden (20). Daher können mit MRT oder einer Kombination aus CT und MRT Messungen des Fettgewebes aus dem routinemäßigen Diagnoseprotokoll mit hoher Korrelation zum Fettgewebesvolumen der MRT-Ganzkörperuntersuchung gewonnen werden (19). Für das validierte Protokoll in der Erwachsenenpopulation wird ein einzelner CT- und MRT-Schnitt auf L2-L3-Wirbelebene verwendet (30) und kürzlich wurden geschlechtsspezifische Normwerte von MRT-abgeleitetem viszeralem und subkutanem Fettgewebe bei Kindern veröffentlicht (19).

Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und Fettfreier Massenindex (FFMI)

Eine Möglichkeit Körperkomposition zu erfassen, insbesondere die Muskelmasse und den Körperfettanteil, ist die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), bei der ein schwacher elektrischer Strom durch den Körper fließt, um die Spannung zu messen und dann die Impedanz des Körpers zu berechnen. Das Prinzip basiert auf der Annahme, dass eine muskulösere Person auch mehr Körperwasser hat, was zu einer niedrigeren Impedanz führt. Diese kann zur Schätzung des Gesamtkörperwassers und anschließend der fettfreien Masse (FFM) verwendet werden. Somit kann ein Index der fettfreien Masse (FFMI; $FFM/Höhe^2$) berechnet werden, der eine Abschätzung des Gesundheitsrisikos ermöglicht.

Die BIA kann genauere Ergebnisse liefern, wenn obere und untere Extremitäten einbezogen werden. Im Allgemeinen bietet die BIA ausreichende Genauigkeit bei der Messung großer Stichproben. Sie ist aber von begrenzter Genauigkeit, wenn die individuelle Körperkomposition über einen längeren Zeitraum untersucht werden soll und wird nicht für präzise Messungen von Einzelpersonen empfohlen (10). BIA-Gleichungen und Grenzwerte sind populations- und gerätespezifisch, daher sollten die Ergebnisse immer mit Vorsicht interpretiert werden. Dennoch kann BIA als Ergänzung zu anderen Techniken wie Hautfalten, Umfänge oder Luftverdrängungsplethysmographie wertvolle Daten bei Sportlern liefern.

Messungen des subkutanen Fettgewebes

Hautfalten

Die Messung der Hautfaltendicke ist eine weit verbreitete und einfache Methode, um das Körperfett indirekt zu schätzen. Haut-

Tabelle 2

Übersicht der Erfassungsmethoden, die für die klinische Praxis relevant sind, mit Einordnung in Bezug auf Zweck, Ressourcen und Population einschließlich verfügbarer Normwerte.

METHODE / TECHNIK	ZWECK DER ANWENDUNG	BENÖTIGTE RESSOURCEN	POPULATION	NORMWERTE
(Body) Mass Index Relatives Körpergewicht	Groß angelegte Studien, ermittelt Untergewicht/Übergewicht/Adipositas	Stadiometer, kalibrierte Waage Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Gewichtsklassen geeignet (alters- und länderspezifische Werte für Kinder und verschiedene ethnische Gruppen verfügbar)	Normwerte für Erwachsene (39) und Kinder (24) verfügbar
Tallienumfang Indikator für abdominale Adipositas	Groß angelegte Studien, bestimmt abdominale Adipositas	Stadiometer, Stahlmaßband Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Gewichtsklassen geeignet (alters- und länderspezifische Werte für Kinder verfügbar)	Normwerte für Erwachsene (4) und Kinder (24) verfügbar
Taille-Größe-Index Indikator für abdominale Adipositas	Groß angelegte Studien, bestimmt abdominale Adipositas	Stadiometer, Stahlmaßband Geschultes Personal	Geeignet für Erwachsene und Kinder ab 5 Jahren	Normwerte für die Allgemeinbevölkerung (14) verfügbar
Fettfreie-Masse-Index Relative Körperkomposition inkl. Körperwasser und fettfreier Masse	Groß angelegte Studien, ermittelt Untergewicht/Übergewicht/Adipositas	Stadiometer, BIA Waage inkl. Software Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Gewichtsklassen geeignet	Keine Normwerte verfügbar, da die Grenzwerte geräte- und populationspezifisch sind
Magnetresonanztomographie Dicke der Haut, des subkutanen Fettgewebes, des Muskelgewebes	Individuelle und gruppenbasierte Analyse der Fettverteilung, klein- und groß angelegte Studien, Querschnitts- und Längsschnittstudien	Transportables MRT Gerät, semi-automatische Analysesoftware (z.B. ParametricMRI, US, www.parametricmri.com) Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Personen geeignet. Reduzierte Genauigkeit bei Adipösen	Normwerte für Erwachsene (37) und Kinder (19) verfügbar
Luftverdrängungsplethysmographie Körperkomposition inkl. fettfreier Masse	Individuelle und gruppenbasierte Analyse der Fettverteilung, klein- angelegte Studien, Querschnitts- und Längsschnittstudien	BOD POD oder PEA POD (für Kinder), inklusive Software (Life Measurement, Inc, Concord, CA) Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Personen geeignet. Reduzierte Praktikabilität bei Adipösen. Reduzierte Genauigkeit bei (kleinen) Kindern	Normwerte für unterschiedliche Gruppen verfügbar (z. B. 33)
Hautfalten Dicke des subkutanen Fettgewebes inkl. Haut	Individuelle und gruppenbasierte Analyse der Fettverteilung, klein- und groß angelegte Studien, Querschnitts- und Längsschnittstudien	Kalibrierte Hautfaltenkaliper Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Personen geeignet. Reduzierte Genauigkeit bei übergewichtigen und älteren Menschen	Normwerte für Summe der Hautfaldendicke für unterschiedliche Gruppen (z. B. Athleten unterschiedlicher Disziplinen) und Messstellen (1, 27) verfügbar
Ultraschall Dicke der Haut, des subkutanen Fettgewebes (SAT), des Muskelgewebes	Individuelle und gruppenbasierte Analyse der Fettverteilung, klein- und groß angelegte Studien, Querschnitts- und Längsschnittstudien	Transportables Ultraschallgerät, semi-automatische Analysesoftware (z. B. Rotosport, Austria, www.rotosport.at) Geschultes Personal	Für alle Altersgruppen und Personen von sehr schlank bis adipös geeignet	Vorläufige Normwerte für die Summe der SAT-Dicken der acht Messstellen bei Athleten und der (erwachsenen) Allgemeinbevölkerung (2)

falten liefern lineare Messungen einer doppelten Hautschicht und des darunterliegenden subkutanen Fettgewebes (SAT) in einem komprimierten Zustand (16). Die Zuverlässigkeit dieser Methode hängt stark von den Fähigkeiten des Untersuchers ab, und eine Standardisierung der Methode mit genauen Messstellen ist unerlässlich (1). ISAK entwickelte ein Standardprotokoll mit Anweisungen für eine genaue Markierung der Messstellen und Messung der Hautfalten an acht Körperstellen an Rumpf, Armen und Beinen (34).

Forscher und Praktiker sollten vorsichtig sein, bevölkerungsspezifische Gleichungen zu verwenden, um das Körperfett auf individueller Ebene zu schätzen (1,18). Die Validität solcher

Gleichungen beruht auf mehreren Annahmen: Hautfalten weisen eine konstante Kompressibilität auf; die Hautdicke ist an allen Stellen gleich, der Fettanteil und die SAT-Verteilung sind konstant; ebenso wie das Verhältnis von äußerer zu innerer Fettverteilung (18). Jedoch trifft keine dieser Annahmen zu (6, 18). Stattdessen können die Rohdatenwerte der Hautfaltenmessungen verwendet werden, um das Körperfett zu erfassen und das Fettverteilungsmuster zu beschreiben. Dies umfasst das Aufzeichnen einzelner Hautfalten, die Summe der Hautfalten, das Verhältnis von zwei Hautfalten oder Gruppen von Hautfalten und das Berechnen der durchschnittlichen Hautfaldendicke von mehreren Messstellen. Diese Werte können zum Vergleich ➤

von Einzelpersonen mit Gruppendaten und Normwerten oder für Längsschnittanalysen insbesondere bei Athleten verwendet werden, bei denen die Annahmen konstanter Dichte und Anteile der Komponenten der fettfreien Masse höchst fragwürdig sind (18).

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass Hautfaltenmessungen keine Erfassung des viszeralen Fettgewebes erlauben, das mit größeren gesundheitlichen Risiken verbunden ist.

Ultraschall

Eine neuartige, nicht-invasive Methode zur direkten Messung von unkomprimiertem SAT mittels B-Mode Ultraschall wurde entwickelt (22, 35) und bereits in verschiedenen Stichproben angewandt, darunter Athleten (z. B. 21), übergewichtige und adipöse Erwachsene (35) und Kinder (z. B. 16). Mit portablen Ultraschallgeräten kann diese Methode sowohl im Feld als auch im klinischen Umfeld angewandt werden.

Dieses Bildgebungsverfahren erfasst Haut, SAT, Muskelfaszie und darunterliegendes Muskelgewebe an acht Körperstellen, die Rumpf, Arme und Beine umfassen. Die Methode wurde in Zusammenarbeit mit der IOC Medical Commission Research Group on Body Composition, Health, and Performance durch Markierung von Messstellen, Bildgebung und Bildauswertung standardisiert (22). Mit diesem Ansatz kann die SAT-Dicke mit einer Genauigkeit gemessen werden, die von keinem anderen Verfahren erreicht wird und nur durch biologische Faktoren begrenzt ist. Die Messreliabilität ist der insgesamt limitierende Faktor dieses Ansatzes (21). Eine hohe Reliabilität kann erreicht werden, wenn die Messungen gemäß dem standardisierten Protokoll durchgeführt werden und die Untersucher gut geschult sind, wie bei Kindern, Erwachsenen und über eine große Bandbreite von SAT-Dicken gezeigt wurde (16, 21, 22, 35).

Bei Anwendung dieser Technik haben Studien gezeigt, dass Ultraschallmessungen Unterschiede des Körperfettanteils zwischen Einzelpersonen und auf Gruppenebene aufzeigten, die durch allgemein verwendete anthropometrische Messungen wie den BMI nicht erkannt wurden (z. B. 16, 35).

Die Verwendung der Summe der SAT-Dicken wird für Vergleiche zwischen Athleten empfohlen. Vorläufige Normwerte für die Summe der SAT-Dicken der acht Messstellen sind verfügbar (2). Wie bei Hautfalten, wird viszerales Fettgewebe mit dieser Methode nicht erfasst.

Fazit

Die in diesem kurzen Überblick beschriebenen Methoden decken keinesfalls die Vielzahl der Messtechniken ab, die für die Analyse der Körperkomposition verfügbar sind, und konzentrieren sich primär auf die am häufigsten verwendeten Ansätze, die in der breiten Praxis anwendbar sind. Es wird daher kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die hier genannten Methoden, einschließlich Anwendungszweck und benötigter Ressourcen.

Diese Methoden sind nicht-invasiv, aber es gibt Situationen, in denen die Messungen ungenaue Ergebnisse liefern oder nicht durchführbar sind. In solchen Situationen können diese Messungen alarmierende oder fälschlicherweise beruhigende Daten liefern und sollten vermieden werden. Regelmäßige, wiederholte Messungen werden ausdrücklich empfohlen, um mögliche gesundheitliche Risiken frühzeitig zu erkennen. ■

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen:

Keine

Literatur

- (1) ACKLAND TR, LOHMAN TG, SUNDGOT-BORGEN J, MAUGHAN RJ, MEYER NL, STEWART AD, MÜLLER W. Current status of body composition assessment in sport. *Sports Med.* 2012; 42: 227-249. doi:10.2165/11597140-000000000-00000
- (2) ACKLAND TR, MÜLLER W. Imaging method: ultrasound, in: Hume P, Kerr S, Ackland T (Eds.): *Best practice protocols for physique assessment in sport.* Springer, New York. 2018: 131-141.
- (3) AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Statement of Endorsement: Defining Pediatric Malnutrition. *Pediatrics.* 2013. Epub ahead of print. doi:10.1542/peds.2013-1284
- (4) ARDERN CI, JANSSEN I, ROSS R, KATZMARZYK PT. Development of health-related waist circumference thresholds within BMI categories. *Obes Res.* 2004; 12: 1094-1103. doi:10.1038/oby.2004.137
- (5) CHILD HEALTH AND DISABILITY PREVENTION PROGRAM. *Health Assessment Guidelines, Guideline 4.* California, 2016.
- (6) CLARYS JP, MARTIN AD, DRINKWATER DT, MARFELL-JONES MJ. The skinfold: Myth and reality. *J Sports Sci.* 1987; 5: 3-33. doi:10.1080/02640418708729760
- (7) CRUZ-JENTOFT AJ, BAHAT G, BAUER J, BOIRIE Y, BRUYÈRE O, CEDERHOLM T, COOPER C, LANDI F, ROLLAND Y, SAYER AA, SCHNEIDER SM, SIEBER CC, TOPINKOVA E, VANDEWOUDE M, VISSER M, ZAMBONI M; WRITING GROUP FOR THE EUROPEAN WORKING GROUP ON SARCOPENIA IN OLDER PEOPLE 2 (EWGSOP2), AND THE EXTENDED GROUP FOR EWGSOP2. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019; 48: 16-31. doi:10.1093/ageing/afy169
- (8) DE KONING L, MERCHANT AT, POGUE J, ANAND SS. Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *Eur Heart J.* 2007; 28: 850-856. doi:10.1093/eurheartj/ehm026
- (9) FARON A, SPRINKART AM, KUETTING DLR, FEISST A, ISAAC A, ENDLER C, CHANG J, NOWAK S, BLOCK W, THOMAS D, ATTENBERGER U, LUETKENS JA. Body composition analysis using CT and MRI: intra-individual intermodal comparison of muscle mass and myosteatosis. *Nature Sci Rep.* 2020; 10: 11765. doi:10.1038/s41598-020-68797-3
- (10) FIELDS DA, GORAN MI, MCCRRORY MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75: 453-467. doi:10.1093/ajcn/75.3.453
- (11) FOSBØL MØ, ZERAHN BO. Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015; 35: 81-97. doi:10.1111/cpf.12152
- (12) FRYAR CD, GU Q, OGDEN CL, FLEGAL KM. Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2011-2014. *Vital Health Stat 3.* 2016; 39: 1-46.
- (13) GAVRIILIDOU NN, PIHLSGÅRD M, ELMSTÅHL S. Anthropometric reference data for elderly Swedes and its disease-related pattern. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 69: 1066-1075. doi:10.1038/ejcn.2015.73
- (14) GIBSON S, ASHWELL M. A simple cut-off for waist-to-height ratio (0.5) can act as an indicator for cardiometabolic risk: recent data from adults in the Healthy Survey for England. *Br J Nutr.* 2020; 123: 681-690. doi:10.1017/S0007114519003301

- (15) HÖGSTRÖM GM, PIETILÄ T, NORDSTRÖM P, NORDSTRÖM A. Body composition and performance: influence of sport and gender among adolescents. *J Strength Cond Res.* 2012; 26: 1799-1804. doi:10.1519/JSC.0b013e318237e8da
- (16) KELSO A, MÜLLER W, FÜRHPATER-RIEGER A, SENGEIS M, AHAMMER H, STEINACKER JM. High inter-observer reliability in standardized ultrasound measurements of subcutaneous adipose tissue in children aged three to six years. *BMC Pediatr.* 2020; 20: 145. doi:10.1186/s12887-020-02044-6
- (17) LEE CM, HUXLEY RR, WILDMAN RP, WOODWARD M. Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *J Clin Epidemiol.* 2008; 61: 646-653. doi:10.1016/j.jclinepi.2007.08.012
- (18) MARFELL-JONES M, NEVILL AM, STEWART AD. Anthropometric surrogates for fitness and health, in: Stewart AD, Stutton L (Eds.): *Body Composition in Sport Exercise and Health.* Routledge, Abingdon. 2012: 126-146.
- (19) MARUNOWSKI K, SWIETON D, BZYL W, GRZYWINSKA M, KASZUBOWSKI M, BANDOSZ P, KHRICHENKO D, PISKUNOWICZ M. MRI-derived subcutaneous and visceral adipose tissue reference values for children aged 6 to under 18 years. *Front Nutr.* 2021; 8: 757274. doi:10.3389/fnut.2021.757274
- (20) MICHEL S, LINDER N, EGGBRECHT T, SCHAUDINN A, BLÜHER M, DIETRICH A, DENECKE T, BUSSE H. Abdominal subcutaneous fat quantification in obese patients from limited field-of-view MRI data. *Sci Rep.* 2020; 10: 19039. doi:10.1038/s41598-020-75985-8
- (21) MÜLLER W, FÜRHPATER-RIEGER A, AHAMMER H, LOHMAN TG, MEYER NL, SARDINHA LB, STEWART AD, MAUGHAN RJ, SUNDGOT-BORGEN J, MÜLLER T, HARRIS M, KIRIHENNEDIGE N, MAGALHAES JP, MELO X, PIRSTINGER W, REGUANT-CLOSA A, RISOUL-SALAS V, ACKLAND TR. Relative Body Weight and Standardised Brightness-Mode Ultrasound Measurement of Subcutaneous Fat in Athletes: An International Multicentre Reliability Study, Under the Auspices of the IOC Medical Commission. *Sports Med.* 2020; 50: 597-614. doi:10.1007/s40279-019-01192-9
- (22) MÜLLER W, LOHMAN TG, STEWART AD, MAUGHAN RJ, MEYER NL, SARDINHA LB, KIRIHENNEDIGE N, REGUANT-CLOSA A, RISOUL-SALAS V, SUNDGOT-BORGEN J, AHAMMER H, ANDERHUBER F, FÜRHPATER-RIEGER A, KAINZ P, MATERNA W, PILSL U, PIRSTINGER W, ACKLAND TR. Subcutaneous fat patterning in athletes: selection of appropriate sites and standardisation of a novel ultrasound measurement technique: ad hoc working group on body composition, health and performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med.* 2016; 50(1): 45-54. doi:10.1136/bjsports-2015-095641
- (23) NEELAND JJ, GRUNDY SM, LI X, ADAMS-HUET B, VEGA GL. Comparison of visceral fat mass measurement by dual-X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in a multiethnic cohort: the Dallas Heart Study. *Nutr Diabetes.* 2016; 6: e221. doi:10.1038/nutd.2016.28
- (24) NEUHAUSER H, SCHIENKIEWITZ A, SCHAFFRATH ROSARIO A, DORTSCHY R, KURTH BM. Reference percentiles for anthropometric measures and blood pressure based on the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents 2003–2006 (KiGGS). Robert Koch Institute, Berlin, 2016.
- (25) PRICE GM, UAUY R, BREEZE E, BULPITT CJ, FLETCHER AE. Weight, shape, and mortality risk in older persons: elevated waist-hip ratio, not high body mass index, is associated with a greater risk of death. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84: 449-460. doi:10.1093/ajcn/84.2.449
- (26) ROSS R, NEELAND JJ, YAMASHITA S, SHAI I, SEIDELL J, MAGNI P, SANTOS RD, ARSENAULT B, CUEVAS A, HU FB, GRIFFIN BA, ZAMBON A, BARTER P, FRUCHART JC, ECKEL RH, MATSUZAWA Y, DESPRÉS JP. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. *Nat Rev Endocrinol.* 2020; 16: 177-189. doi:10.1038/s41574-019-0310-7
- (27) SANTOS DA, DAWSON JA, MATIAS CN, ROCHA PM, MINDERICO CS, ALLISON DB, SARDINHA LB, SILVA AM. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One.* 2014; 9: e97846. doi:10.1371/journal.pone.0097846
- (28) SCHNEIDER HJ, FRIEDRICH N, KLOTSCHKE J, PIEPER L, NAUCK M, JOHN U, DÖRR M, FELIX S, LEHNERT H, PITTROW D, SILBER S, VÖLZKE H, STALLA GK, WALLASCHOFSKI H, WITTCHEN HU. The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010; 95: 1777-1785. doi:10.1210/jc.2009-1584
- (29) SHARMA AK, METZGER DL, DAYMONT C, HADJIYANNAKIS S, RODD CJ. LMS tables for waist-circumference and waist-height ration z-scores in children aged 5-19 y in NHANES III: association with cardio-metabolic risks. *Pediatr Res.* 2015; 78: 723-729. doi:10.1038/pr.2015.160
- (30) SHEN W, PUNYANITYA M, CHEN J, GALLAGHER D, ALBU J, PI-SUNYER X, LEWIS CE, GRUNFELD C, HEYMSFIELD SB, HESHKA S. Visceral adipose tissue: relationships between single slice areas at different locations and obesity-related health risks. *Int J Obes.* 2007; 31: 763-769. doi:10.1038/sj.ijo.0803474
- (31) SHEPHERD JA, NG BK, SOMMER MJ, HEYMSFIELD SB. Body composition by DXA. *Bone.* 2017; 104: 101-105. doi:10.1016/j.bone.2017.06.010
- (32) SILVA AM, FIELDS DA, HEYMSFIELD SB, SARDINHA LB. Body composition and power changes in elite judo athletes. *Int J Sports Med.* 2010; 31: 737-741. doi:10.1055/s-0030-1255115
- (33) SOTUNDE OF, GALLO S, VANSTONE CA, WEILER HA. Normative data for lean mass and fat mass in healthy predominantly breast-fed term infants from 1 month to 1 year of age. *J Clin Densitom.* 2020; 23: 264-270. doi:10.1016/j.jocd.2018.07.004
- (34) STEWART A, MARFELL-JONES M, OLDS T, DE RIDDER H. International standards for anthropometric assessment. ISAK, Lower Hutt, New Zealand, 2011.
- (35) STÖRCHLE P, MÜLLER W, SENGEIS M, AHAMMER H, FÜRHPATER-RIEGER A, BACHL N, LACKNER S, MÖRKL S, HOLASEK S. Standardized Ultrasound Measurement of Subcutaneous Fat Patterning: High Reliability and Accuracy in Groups Ranging from Lean to Obese. *Ultrasound Med Biol.* 2017; 43: 427-438. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2016.09.014
- (36) TAYLOR RW, WILLIAMS SM, GRANT AM, TAYLOR BJ, GOULDING A. Predictive ability of waist-to-height in relation to adiposity in children is not improved with age and sex-specific values. *Obesity (Silver Spring).* 2011; 19: 1062-1068. doi:10.1038/oby.2010.217
- (37) ULBRICH EJ, NANZ D, DAHLQVIST LEINHARD O, MARCON M, FISCHER MA. Whole-body adipose tissue and lean muscle volumes and their distribution across gender and age: MR-derived normative values in a normal-weight Swiss population. *Magn Reson Med.* 2018; 79: 449-458. doi:10.1002/mrm.26676
- (38) WORLD HEALTH ORGANISATION. Waist circumference and waist-hip ratio. Report of a WHO Expert Consultation. World Health Organisation, Geneva, Switzerland 2011.
- (39) WORLD HEALTH ORGANISATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser 2000; 894: i-xii,1-253.