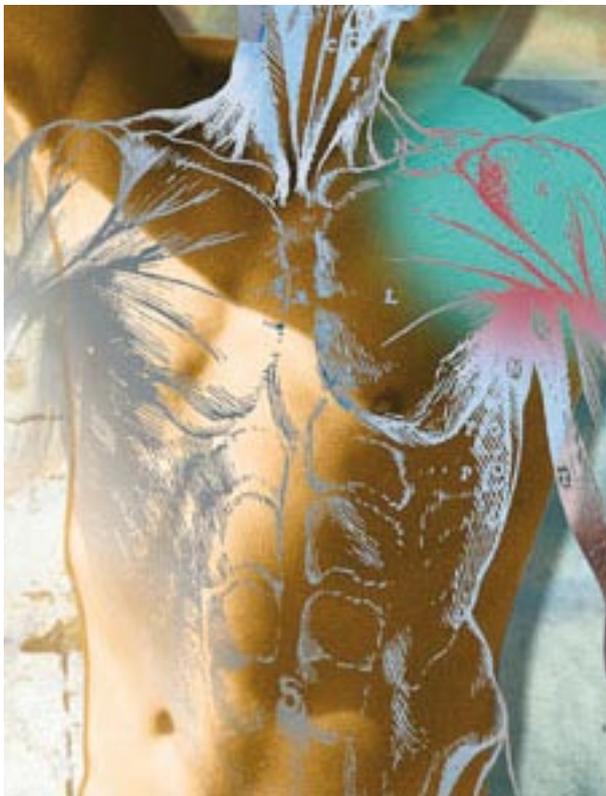


K. KLINISCHE ANWENDUNGSGBIETE DER BIOELEKTRISCHEN IMPEDANZANALYSE

von PD Dr. med. Matthias Pirlich, Charité Berlin

EINLEITUNG

Die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) bietet gegenüber den meisten anderen Techniken zur Analyse der Körperzusammensetzung mehrere Vorteile: Die BIA ist einfach und schnell in der Anwendung, preisgünstig, nichtinvasiv und ungefährlich (1;2). Darüber hinaus gewährleistet die Mobilität von BIA-Messinstrumenten die Anwendung am Patientenbett selbst bei kritisch Kranken. Aufgrund einer sehr guten Reproduzierbarkeit (3) eignet sich die Methode grundsätzlich auch für Wiederholungsmessungen, z.B. zur Kontrolle eines Therapieerfolges.



Anwendungsgebiete der BIA sind die Diagnostik und Charakterisierung von Mangelernährung und Hydratationsstörungen, Verlaufskontrollen unter Ernährungstherapie oder Therapie mit Wachstumshormon sowie bei Gewichtsreduktionsprogrammen. Hauptkritikpunkt an der Methode ist die unzureichende Übereinstimmung zwischen der BIA und Referenzmethoden bei einzelnen Patientengruppen. In der klinischen Praxis werden ganz überwiegend abgeleitete Größen verwendet, d.h. aus den Impedanz-Messdaten werden unter Berücksichtigung von zusätzlichen Parametern wie Alter, Geschlecht, Größe oder Gewicht, verschiedene Kompartimente (Ganzkörperwasser, extrazelluläres Wasser, fettfreie Masse oder Körperzellmasse) ermittelt. Diese Formeln

wurden meistens an Gesunden anhand von Referenzmethoden validiert. Wenn man die negativ wertenden Arbeiten zur BIA analysiert, betrifft die Kritik meistens nicht das physikalische Prinzip an sich (Messung des Wechselstromwiderstandes) sondern die Übertragbarkeit bestimmter Formeln. Hier muss man einschränken, dass auch Referenzmethoden zur Analyse der Körperzusammensetzung (z.B. Densitometrie, DEXA, Anthropometrie) empirisch entwickelt wurden, auf Modellvorstellungen und Annahmen beruhen und mit eigenen (Formel-) Fehlern behaftet sind. Aus diesem Grund ist die Frage nach der Validität der BIA bei bestimmten Erkrankungen noch nicht abschließend zu beantworten.

Für die klinische Anwendbarkeit ist jedoch nicht allein die Frage nach der Übereinstimmung von Methoden relevant. Wichtiger ist die Frage, ob ein gewonnener Messwert oder eine abgeleitete Größe eine klinisch relevante Aussage zulässt. Die BIA erlaubt prognostisch relevante Aussagen bei einer Reihe von Erkrankungen wie HIV-Infektion, Leberzirrhose, Pankreas- und Kolorektale Karzinomen, COPD und bei Hämodialyse (4-11). In den letzten Jahren haben etliche Studien zunehmend auch die Bedeutung der durch die BIA ermittelten Rohwerte (Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel) untersucht. Die Attraktivität der sogenannten BIVA (Bioelektrische Impedanz Vektorenanalyse) liegt genau darin, dass die mit komplexen und z.T. nicht übertragbaren Formeln verbundenen Fehler entfallen.

Die Arbeitsgruppe um Piccoli (12-14) entwickelte eine Darstellung nach dem Vorbild des Elektrokardiogramms, in der die Impedanz als bivariater Vektor durch die Resistanz und Reaktanz – korrigiert für die Körperhöhe – dargestellt wird. Veränderungen im Hydratationsstatus zeigen sich als Veränderung der Vektorenlänge, wogegen Veränderungen in der Zellmasse eine Migration des Vektors bewirken.

Diese klinische Verwendung von ursprünglichen Messwerten ist zwar auf den ersten Blick abstrakt und weniger eingängig als die Angabe konkreter Körperkompartimente in kg, erscheint aber gerade für jene klinische Situationen vielversprechend, bei denen die Interpretation abgeleiteter Größen aufgrund vom veränderten Hydratationsstatus unzuverlässig ist.

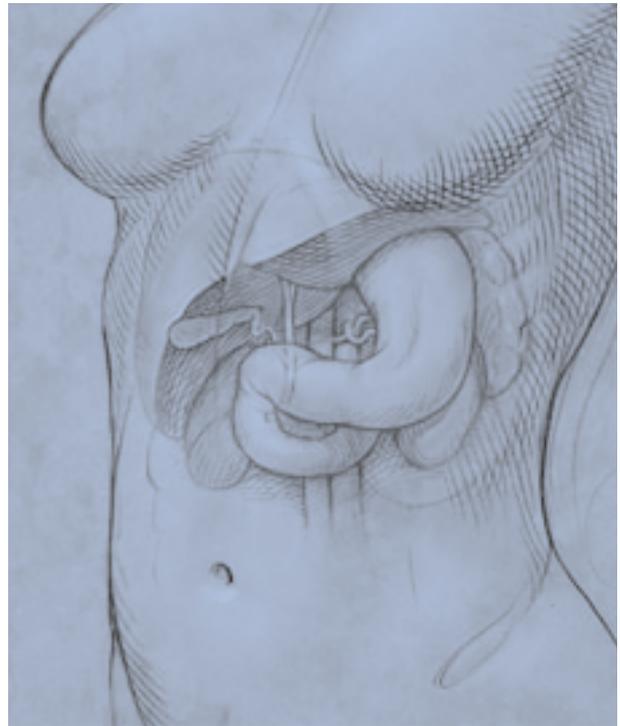
Nach der gegenwärtigen Datenlage ist das Potential der BIA oder der BIVA für klinische Fragestellungen jedoch sicherlich nicht ausgeschöpft.

1. GASTROENTEROLOGIE

Chronische Lebererkrankungen: Eine Protein-Mangelernährung tritt bei der Mehrzahl der Patienten mit chronischen Lebererkrankungen auf und ist unabhängig von der Ätiologie ein prognostisch ungünstiger Faktor (15). Der Proteinmangel bei Patienten mit Leberzirrhose ist messbar in einem um durchschnittlich 25-30 % reduzierten Ganzkörperkaliumgehalt (15;16), der aus einem Verlust an Körperzellmasse resultiert. Da bei diesen Patienten gleichzeitig eine vermehrte Wassereinlagerung in Form von Aszites und Ödemen zu beobachten ist, können klassische anthropometrische Größen wie ideales Körpergewicht oder Body mass index noch normal sein (16), selbst wenn schon eine schwere Mangelernährung vorliegt. Die BIA ist ein geeignetes Verfahren, die Mangelernährung bei Leberzirrhose zu erfassen. Bei Patienten ohne Aszites ermöglicht die BIA eine genaue Bestimmung der Körperzellmasse im Vergleich zur Ganzkörperkaliummethode. Auch bei Patienten mit ausgeprägtem Aszites findet sich eine sehr gute Korrelation der beiden Methoden, allerdings können hier beim einzelnen Patienten stärkere Abweichungen auftreten, so dass bei massivem Aszites eine vorsichtiger Interpretation der Werte erforderlich ist (16). Darüber hinaus belegten Selberg et al. (17) die prognostische Relevanz von Impedanzmessungen bei Patienten mit Leberzirrhose, die später transplantiert wurden: Patienten mit einer Körperzellmasse < 35 % des Körpergewichtes bestimmt mittels BIA hatten eine deutlich schlechtere Langzeitprognose nach Lebertransplantation als Patienten mit Körperzellmasse > 35 % des Körpergewichtes.

Bezüglich der Bestimmung des TBW oder des Aszites wurde hingegen die Validität der BIA in verschiedenen Studien angezweifelt (18-20). Auch wurde gezeigt, dass bei Patienten mit Leberzirrhose BIA Messungen zur Bestimmung des Körperfettes mit anthropometrischen Messungen schlecht übereinstimmen (21). In einer weiteren Studie wurde eine segmentale Messanordnung (Rumpf getrennt von Extremitäten) zur Bestimmung des TBW bei diesen Patienten als vorteilhaft beschrieben (22). Dieser Ansatz ist jedoch aufwendig und hat sich in der Praxis nicht durchgesetzt.

Hier muss man kritisch einwenden, dass eine genaue Bestimmung des Hydratationsstatus oder der Fettmasse bei Patienten mit Leberzirrhose zwar für wissenschaftliche Fragestellungen wichtig sein kann, jedoch für klinische Belange nicht vordringlich ist. Der Verlust an Fettmasse ist prognostisch weniger bedeutend als der Verlust der Körperzellmasse. Eine relevante Wassereinlagerung ist klinisch erfassbar (Ödeme), diskrete Mengen Aszites werden am einfachsten



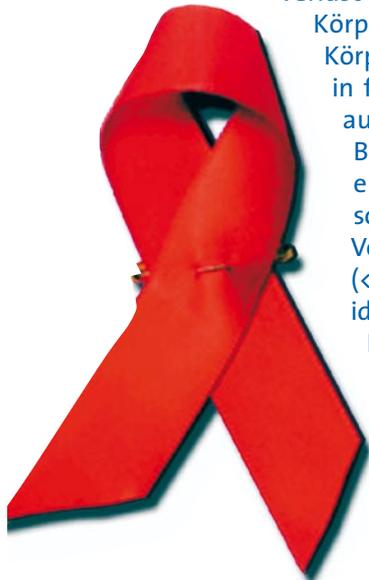
sonographisch ermittelt. Ein Verlust der Körperzellmasse ist weniger offensichtlich, klinisch jedoch relevant. Eine weitere Arbeit von Selberg (9) belegt außerdem die Überlegenheit des Phasenwinkels als prognostischer Faktor bei Patienten mit Leberzirrhose verglichen mit anthropometrischen Messungen, Ganzkörperkalium und mit BIA ermittelter und abgeleiteter Körperkompartimente wie Fettmasse, fettfreie Masse, Körperzellmasse. Der Phasenwinkel ist Ausdruck des Verhältnisses von Reaktanz zu Resistanz, hängt also sowohl von den Flüssigkeitskompartimenten und der Körperzellmasse als auch von der Integrität der Zellmembranen ab. Dieses pathophysiologisch noch nicht ausreichend erklärte, aber klinisch relevante Phänomen kann nur mittels BIA detektiert werden. Gefährdete Patienten können mit der BIA identifiziert werden.

Chronisch entzündliche Darmerkrankungen: Chronisch entzündliche Darmerkrankungen führen häufig zu einer Protein-Energie-Mangelernährung. Der Ernährungszustand ist daher auch ein wesentliches Kriterium für die Krankheitsaktivität oder den Therapieerfolg. Bei Kindern kann es zudem zu ausgeprägten Entwicklungsverzögerungen kommen. Bei diesen Patienten ist die BIA daher sowohl zur Diagnostik einer beginnenden Mangelernährung als auch zur Therapieverlaufskontrolle interessant. Bei Kindern mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen zeigte die BIA eine sehr gute Übereinstimmung mit DEXA als Referenzmethode in der Bestimmung der FFM und wurde erfolgreich zur Überwachung des Ernäh-

rungszustandes unter verschiedenen Behandlungsregimen eingesetzt (23). Unter Verwendung von Standardformeln fand die Gruppe von Jeejeebhoy bei 19 Erwachsenen mit M. Crohn eine Überschätzung des Ganzkörperwassers durch die BIA im Vergleich zu Dilutionsmethoden (24). Die Korrelation des Impedanzindex mit der Referenzmethode war jedoch exzellent. Die Autoren ermittelten daher eine für ihr Patientenkollektiv spezifische Regressionsgleichung für das BIA-TBW, die dann eine sehr gute Übereinstimmung ergab. Diese Studie verdeutlicht, dass eine mangelnde Übereinstimmung zwischen der BIA und Referenzmethoden nicht primär ein methodisches Problem der BIA darstellt oder das Messprinzip anzuzweifeln ist. Vielmehr folgt daraus, dass verbreitete Formeln nicht unkritisch auf einzelne Krankheitsbilder anzuwenden sind und im Einzelfall populationspezifische Gleichungen validiert werden müssen. Von seriösen Geräteherstellern ist daher zu fordern, dass sie neben einer Standardsoftware unbedingt auch die Mess-Rohwerte der BIA verfügbar machen sollten.

2. HIV-INFEKTION

Patienten mit fortgeschrittener HIV-Infektion entwickeln ebenfalls sehr häufig eine Protein-Mangelernährung, das sog. „wasting“, erkennbar an einem Verlust viszeraler Proteine und der Körperzellmasse. Ein Verlust der Körperzellmasse kann auch schon in frühen Stadien der Erkrankung auftreten (25). Mit Hilfe der BIA können HIV-Patienten mit einem hohen Risiko für eine schlechte Prognose durch einen Verlust von Körperzellmasse (< 30 % des Körpergewichtes) identifiziert werden (26). Diese Daten stimmen mit einer früheren Untersuchung überein, die ein erniedrigtes Ganzkörperkalium bei Patienten mit HIV-Infektion als prognostisch relevant identifizierte (27). Das Ausmaß der Mangelernährung ist wahrscheinlich sogar von größerer prognostischer Bedeutung für Morbidität und Mortalität im Krankheitsverlauf als immunologische Kenngrößen der Erkrankung (8;28). Die Mangelernährung lässt sich durch eine gezielte enterale Ernährungstherapie positiv beeinflussen, ihre Diagnostik sollte daher integraler Bestandteil in der Behandlung von AIDS-Patienten

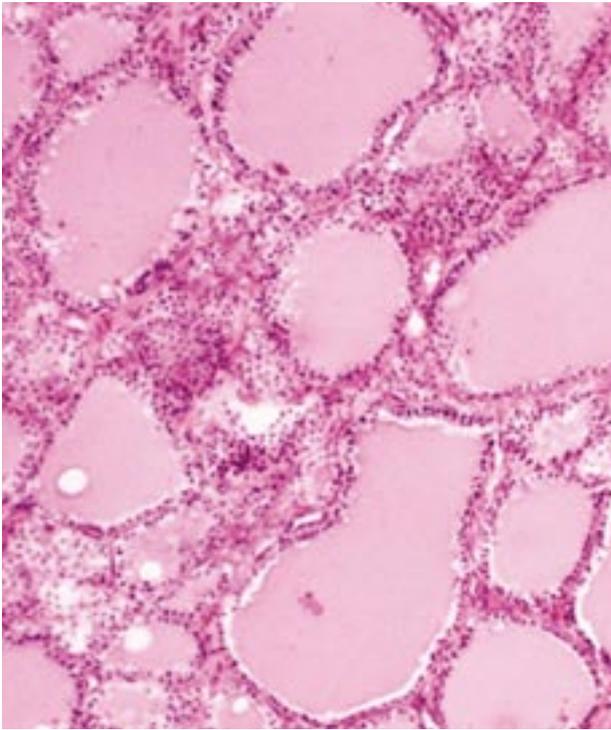


sein. Auf der anderen Seite wurde kürzlich anhand von BIA-Messungen gezeigt, dass eine antiretrovirale Therapie einen Anstieg der BCM bewirkt (29). Unter methodischen Gesichtspunkten wurde die BIA an einer großen Gruppe von HIV-Patienten durch die Arbeitsgruppe von Kotler untersucht (27). Die Autoren zeigten, dass die BIA bei mangelernährten Patienten mit AIDS unter Verwendung populationspezifischer Gleichungen im Vergleich mit Referenzmethoden eine ausreichend präzise Bestimmung von TBW, Fettmasse und BCM erlaubt und bereits geringe Veränderungen der FFM und BCM detektiert.

Nicht nur methodisch, sondern auch klinisch interessant ist eine Untersuchung von Ott et al. zur prognostischen Wertigkeit von insgesamt 12 verschiedene Parametern einschließlich Körperzusammensetzung, CD4+ Zahl und klinisch-chemischen Parametern der Malnutrition bei Patienten mit HIV-Infektion (8). In dieser Studie wurde gezeigt, dass schon in frühen Stadien der HIV-Infektion ein niedriger Phasenwinkel der beste einzelne prädiktive Parameter für das Langzeitüberleben ist. Dieses wohl auch für die Autoren überraschende Ergebnis zeigt, dass ein BIA-Messwert (Phasenwinkel) bezüglich der klinischen Aussagekraft abgeleiteten Größen (fettfreie Masse, Fettmasse) überlegen sein kann. Offenbar kommt es bei Patienten mit HIV-Infektion und schlechter Prognose sowohl zu einem Verlust der Körperzellmasse als auch zu Störungen des Membranpotentials. Ob der Phasenwinkel auch ein geeigneter Verlaufsparemeter für eine erfolgreiche antivirale oder Ernährungstherapie ist, wurde bislang nicht systematisch untersucht.

3. ENDOKRINOLOGIE

Cushing-Syndrom: Einige endokrine Erkrankungen wie z.B. die Akromegalie oder das Cushing-Syndrom gehen mit einer eindrucksvollen Veränderung der Körperzusammensetzung einher. Das Cushing-Syndrom ist durch eine ausgeprägte Stammadipositas bei gleichzeitig verschmälerten Extremitäten und Muskelatrophie charakterisiert. Bei unbehandelten Patienten kann der Verlust an Muskelmasse und Muskelfunktion, der neben der Skelettmuskulatur auch den Herzmuskel betrifft, zum klinisch führenden Problem werden. Das Frühstadium der Erkrankung ist insbesondere bei Frauen differentialdiagnostisch nicht immer von einer alimentären Adipositas abzugrenzen. Möglicherweise könnte die BIA in dieser Situation wertvolle Informationen liefern. Bislang liegen jedoch keine systematischen Untersuchungen zur Anwendung der BIA bei diesen Patienten vor.



4. ADIPOSITAS

Die Adipositas gilt als typische Zivilisationskrankheit mit erheblichen langfristigen Folgen für die Betroffenen. Aus medizinischer Sicht steht eine erhöhte Morbidität und Mortalität durch Folgekrankheiten im Vordergrund, von den Patienten wird zusätzlich der psychische Druck durch tatsächliche oder vermeintliche Unattraktivität als belastend empfunden. Das Interesse an Gewichtsreduktionsprogrammen durch mehr oder weniger seriöse, häufig auch unsinnige oder gefährliche Diäten ist entsprechend groß. Die BIA wird in diesem Zusammenhang häufig zur Therapieverlaufskontrolle eingesetzt. Inzwischen kann man preisgünstige BIA-Geräte, integriert in Körperwaagen, in nahezu jedem Versandhandel oder Kaufhaus für den Heimgebrauch erstehen. Diese Geräte werden meistens als „Fettanalyzer“ angeboten, obwohl die Fettmasse als elektrischer Isolator die Impedanz gar nicht beeinflusst und nur indirekt ermittelt wird. Darüber hinaus führt die Elektrodenanordnung dieser Geräte zu zweifelhaften Ergebnissen.

Akromegalie: Die Akromegalie führt durch Wachstumshormonexzess zu einer unproportionalen Zunahme der fettfreien Masse mit gleichzeitiger Erhöhung des extrazellulären Flüssigkeitskompartiments. Für Patienten mit Akromegalie wurde eine starke Abhängigkeit der Validität der BIA zur Bestimmung der Fettmasse von den verwendeten Formeln beschrieben (30). Die BIA wurde jedoch nach operativer Therapie mit Normalisierung des Wachstumshormons erfolgreich eingesetzt (31). Dabei wurde gezeigt, dass es in den ersten postoperativen Wochen zu einem Abfall des TBW bei gleichzeitigem Verlust der Körperzellmasse kommt, während die Fettmasse etwas verzögert über einen Zeitraum von 3 Monaten zunimmt.

Therapie mit Wachstumshormon: Die Substitutionstherapie bei Patienten mit Mangel an Wachstumshormon zielt darauf ab, die Muskelmasse und Muskelkraft zu verbessern. Dieser nachgewiesene Effekt wird auch missbräuchlich im Hochleistungssport genutzt. Bei Patienten mit Mangel an Wachstumshormon wurde die BIA inzwischen vielfach im Rahmen von Therapiestudien eingesetzt (32-35). Methodenvergleiche ergaben zum Teil widersprüchliche Ergebnisse, was u.a. auch an den gewählten Referenzmethoden liegt. Die Ergebnisse von zwei Studien, in denen die DEXA als Referenzmethode verwendet wurde (33;35), lassen sich aber dahingehend interpretieren, dass die BIA geeignet ist, eine angestrebte Zunahme der fettfreien Masse im Verlauf zu bestimmen.

Bei ausgeprägter Adipositas ist genau genommen die Bestimmung der Fettmasse überflüssig. Aus medizinischer Sicht ist bei diesen Patienten die Bestimmung der fettfreien Masse wichtiger, denn medizinisch begründete Gewichtsreduktionsprogramme zielen auf eine Verringerung der Fettmasse bei Erhaltung der fettfreien Masse ab. Daher ist die Indikation zur BIA-Anwendung bei der Adipositas-therapie primär die Bestimmung der FFM. Diesbezügliche Studien ergaben widersprüchliche Er-



gebnisse: Während Kushner (36) in einer exemplarischen Langzeituntersuchung an 12 übergewichtigen Frauen mit einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 1.2 kg/Woche eine gute Übereinstimmung der BIA-FFM mit der Deuterium-Dilution fanden, kamen Vazquez u. Janosky (37) zu einer kritischen Bewertung der Methode: Zwar belegte die Stickstoffbilanz einen Verlust der FFM, jedoch blieben Resistanz und Reaktanz konstant. In einer Metaanalyse von insgesamt 7 Studien zur Gewichtsreduktion bei Adipositas zeigten Forbes et al. (38), dass gemessene Resistanzänderungen mit der Verminderung der FFM – gemessen mit Referenzmethoden – signifikant korrelierten. Wabitsch et al. (39) zeigten an 146 adipösen Kindern, dass die BIA-FFM sehr gut mit Deuterium-Dilution korreliert, im Verlauf einer Gewichtsreduktion Änderungen des TBW < 0.5 l jedoch beim einzelnen Patienten nicht sicher vorhersagte. Insgesamt ist die BIA jedoch wahrscheinlich geeignet, einen klinisch relevanten Verlust der FFM unter Reduktionsdiät aufzuzeigen. Gerade aber für diese wichtige Anwendung sind weitere Validierungsstudien notwendig. Wünschenswert wäre es, auch für diese Patienten populationsspezifische BIA-Gleichungen, z.B. innerhalb von Patientengruppen mit unterschiedlich hohem Body Mass Index, zu erarbeiten.

Insgesamt ist die Validität der BIA bei adipösen Menschen geringer als bei normalgewichtigen oder mangelernährten Patienten (40). Da der Rumpf nur einen geringen Anteil an der Ganzkörper-Impedanz hat(41), kann es bei starker Zunahme des Stammfettes zu einer Unterschätzung des Ganzkörperfettes und zur Überschätzung der FFM kommen. So beobachteten Swan und McConnell, die drei verschiedene BIA Gleichungen in übergewichtige und adipöse Frauen verglichen, dass je nach Fettverteilung die Fettmasse unterschiedlich stark unterschätzt wurde (42). Dies wurde auch für adipöse Erwachsene (43;44) und Kinder (45) gezeigt.

In den ESPEN (European Society of Parenteral and Enteral Nutrition) Richtlinien wird dementsprechend auch festgehalten, dass die BIA die Körperzusammensetzung bei Patienten ab einem BMI von 34 kg/m² aufgrund der massiven Zunahme des Rumpfes nicht mehr valide widerspiegeln kann (46). Eine segmentale BIA Messung wäre ein möglicher Ansatz, um die abdominale Fettmasse genauer abzuschätzen (47); hierfür sind jedoch Validierungsstudien notwendig, um dies in der klinischen Praxis einzusetzen.

5. PÄDIATRIE

Die Anwendungsgebiete der BIA in der Pädiatrie sind vielfältig: Bei unreifen Neugeborenen wurde die BIA für die Bestimmung des Hydratationsstatus als praktikable Alternative zu Dilutionsmethoden gewertet (48). Bei mangelernährten Klein- und Vorschulkindern (49) ebenso wie bei mangelernährten Jugendlichen (50) ist die BIA geeignet, den Effekt unterschiedlicher Ernährungstherapien zu untersuchen. Bei minderwüchsigen Kindern wurde die BIA erfolgreich zur Bestimmung der FFM unter Therapie mit Wachstumshormon eingesetzt (51). Bei Kindern ist



aber als Besonderheit zu berücksichtigen, dass der Hydratationsgrad der FFM altersabhängig ist: Bei Neugeborenen liegt der Wasseranteil der FFM bei 80 %, bei 10jährigen bei 75 % und nähert sich erst mit der Pubertät dem Wert gesunder Erwachsener an (ca. 73 %) (52). Die meisten Softwarepakete für BIA-Geräte ermitteln die FFM aus dem TBW unter Annahme einer konstanten Hydratation von 73 %. Es ist offensichtlich, dass diese Formeln nicht unkritisch in der Pädiatrie angewendet werden bzw. dann systematische Fehler auftreten können. Die Bestimmung des TBW als Ausgangsgröße ist nach den Studien von Goran et al. an Vorschulkindern unter Verwendung einer Standardformel zuverlässig möglich (53). Zur Ableitung der FFM schlugen die Autoren jedoch eine altersabhängige Formel vor: $FFM = 76.9 - 0.25 \times \text{Alter (Jahre)} - 1.9 \times \text{Geschlecht (männl. = 1; weibl. = 0)}$. Die Zuverlässigkeit dieser Formel wurde an 26 Vorschulkindern belegt. Houtkooper et al. (54) und de Lorenzo et al. (55) entwickelten an 94 bzw. 35 Schulkindern Gleichungen zur Berechnung der FFM aus der Impedanz unabhängig vom Alter

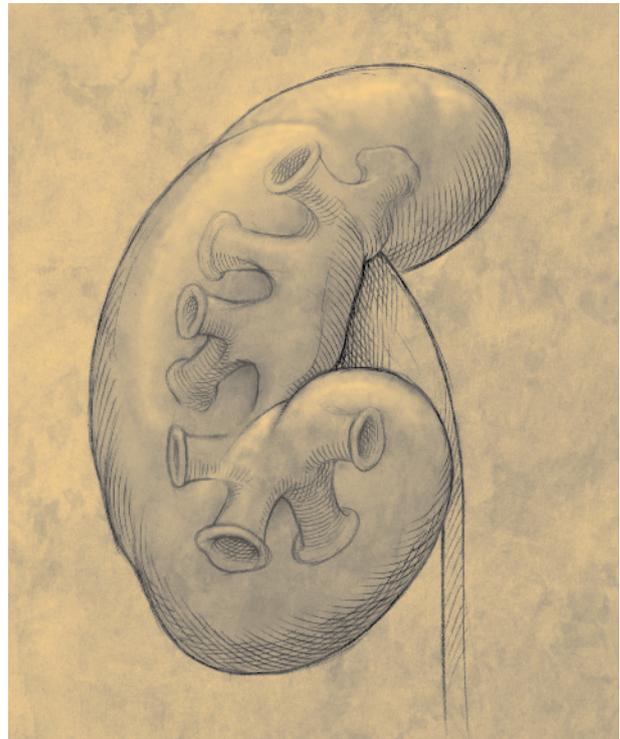
(im Vergleich mit anthropometrischen Messungen bzw. DEXA) (Houtkooper: $FFM = 0.61R + 0.25 * \text{Gewicht} + 1.31$, $r^2 = 0.95$, $SEE = 2.1$ kg; de Lorenzo: $FFM = 2.33 + 0.588 L2/R + 0.211 * \text{Gewicht}$, $r = 0.96$, $SEE = 1.0$ kg). Inwieweit diese Gleichungen auf Neugeborene oder Kleinkinder übertragbar ist, ist noch unklar. Eine Möglichkeit, welche die Formelproblematik umgeht, ist wiederum die Verwendung der mittels BIA ermittelte Rohwerte. Normwerte für BIVA sind mittlerweile für Neugeborene, Klein- und Vorschulkinder sowie Jugendliche vorhanden (56;57). Eine Studie belegte beispielsweise die prädiktive Aussagekraft von bioelektrischen Impedanzparametern bei pädiatrischen Herztransplantationspatienten (58;58). Veränderungen der perioperativ erfassten Impedanz korrelierten mit einer höheren Mortalität und einer längeren Aufenthaltsdauer in der Intensivstation.

Da die meisten alternativen Methoden aus technischen oder medizinischen Gründen (Strahlenbelastung) insbesondere Neugeborenen oder Kleinkindern unzumutbar sind, sollten die BIA und die BIVA für ernährungsmedizinische Fragestellungen in der Pädiatrie fest etabliert und optimiert werden.

6. NEPHROLOGIE

In den letzten Jahren wurden zwei wichtige Anwendungsgebiete für die BIA bei Dialysepatienten herausgearbeitet (59): 1) Bestimmung des Hydratationsstatus, und 2) Diagnose und Charakterisierung einer Protein-Mangelernährung. Hydratationsstatus: Bei dialysepflichtigen Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz wird ein euvolämischer Zustand angestrebt. Dafür wird individuell das Trockengewicht festgelegt, das bei jahrelanger Dialysebehandlung immer wieder neu definiert werden muss, um Hyper- und Dehydrationszustände zu vermeiden. Mit der BIA lässt sich nicht nur das Ganzkörperwasser sondern auch – unter Verwendung von niedrigen Wechselstromfrequenzen (1-5 kHz) – das extrazelluläre Wasser bestimmen (37;60). Theoretisch könnte die BIA daher ein ideales Instrument zur Bestimmung des optimalen Trockengewichtes sein. Die Genauigkeit der TBW-Bestimmung mittels BIA ist bei diesen Patienten jedoch noch nicht klar bzw. die Ergebnisse entsprechender klinischer Studien sind widersprüchlich (61). Interessant sind daher neuere Ansätze: So konnte die Arbeitsgruppe von de Vries in mehreren Studien zeigen, dass eine Bestimmung des ECW anhand segmentaler Messungen am Unterschenkel einen zuverlässigen Marker des Trockengewichtes darstellt (62).

Die Gruppe von Piccoli propagiert bei Hämodialyse- und CAPDpatienten die Vektordarstellung von Resistanz und Reaktanz mit einem Optimumbereich,



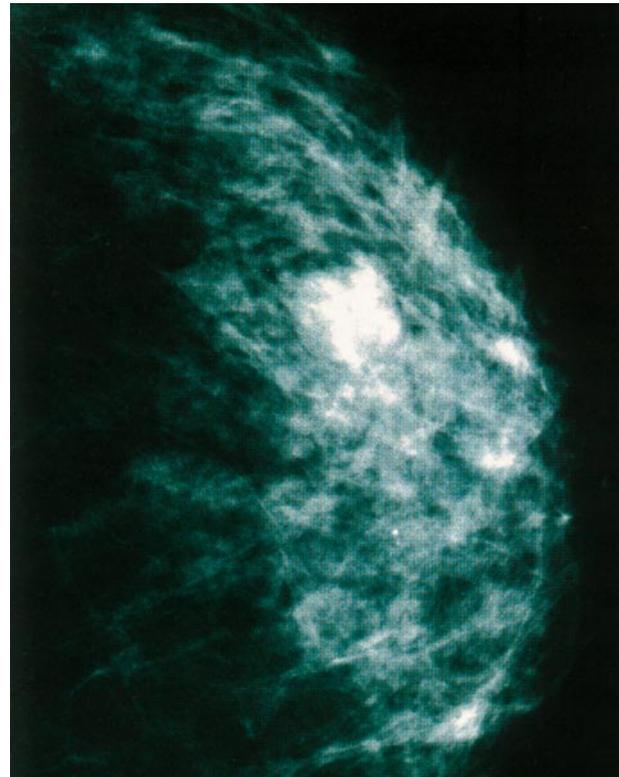
der einem anzustrebenden Hydratationszustand entsprechen soll (12;12;14;63). Diese klinische Verwendung von Rohwerten ist deshalb vielversprechend, da die mit komplexen und z.T. nicht übertragbaren Formeln verbundenen Fehler entfallen. Die Vektordarstellung sollte unbedingt vermehrt auch bei Intensivpatienten mit Hydratationsstörungen erprobt werden. Eine Studie konnte beispielsweise zeigen, dass die Impedanz bei kritisch Kranken stärker mit dem zentralvenösen Druck korrelierte als das berechnete Körperwasser. Dieser Zusammenhang war bei einem zentralvenösen Druck > 12 mm Hg enger, 93% der evaluierten Patienten zeigten verkürzte Impedanzvektoren, was auf Hyperhydratation deutet, während jedoch nur 10% der Patienten mit einem zentralvenösen Druck < 3 mm Hg eine Vektorverlängerung aufwiesen (64). Auch bei Hämodialysepatienten wurde ein enger Zusammenhang zwischen dem Phasenwinkel und der Überlebenszeit gefunden (7).

Protein-Mangelernährung: Eine Protein-Mangelernährung geht mit einem Verlust der fettfreien Masse einher und ist bei nahezu allen chronischen Erkrankungen ein Risikofaktor für eine erhöhte Mortalität (65). Dieser Zusammenhang ist auch für Dialysepatienten nachgewiesen (66). Da die Bestimmung der fettfreien Masse nach den meisten Formeln primär auf der Bestimmung des TBW basiert, kann die Aussagekraft bei Dialysepatienten eingeschränkt sein. Für die Praxis bedeutet dies, dass die BIA bei diesen Patienten zu einem definierten Zeitpunkt, z.B.

unmittelbar nach Dialyse, d.h. nach Erreichen des Trockengewichtes, durchgeführt werden sollte. In einer Langzeitstudie an 39 Dialysepatienten wurde eine gute Übereinstimmung zwischen BIA und Anthropometrie in der Bestimmung der FFM gezeigt (67). Bei suboptimal definiertem Trockengewicht mit klinisch noch inapparenter Erhöhung des extrazellulären Flüssigkeitskompartiments kann aber auch eine korrekte Messung der fettfreien Masse eine Protein-Mangelernährung verkennen. Ideal wäre es daher, auch bei Dialysepatienten eine präzise Messung der Körperzellmasse vornehmen zu können. Dies erscheint nach einer ersten Studie unter Verwendung von DEXA bzw. Bromid-Dilution als Referenzmethoden auch mit der BIA möglich zu sein (68). Unter methodischen Gesichtspunkten ist der operativ angelegte arteriovenöse Shunt zu berücksichtigen: Woodrow et al (69) zeigten, dass bei Elektrodenplatzierung am Shuntarm das TBW über- und das Körperfett unterschätzt werden, was sich durch einen größeren Querschnitt und höheren Flüssigkeitsgehalt am Shuntarm erklärt. Es sollten daher Messungen nur an der kontralateralen Körperseite durchgeführt werden.

7. ONKOLOGIE

Ein signifikanter Gewichtsverlust ist ein typisches Merkmal von Tumorerkrankungen und bereits zum Zeitpunkt der Diagnosestellung bei vielen Patienten nachweisbar. Bei einem Teil der Patienten ist die fortschreitende Mangelernährung und nicht der Tumor selbst die unmittelbare Todesursache. Entsprechend ist die Ernährungstherapie vor allem in der palliativen Situation ein wesentlicher Bestandteil der medizinischen Behandlung. Ähnlich wie bei anderen chronischen Erkrankungen, die mit einer Mangelernährung einhergehen, erlaubt die BIA die Bestimmung der fettfreien Masse oder der Körperzellmasse als prognostisch besonders relevante Parameter (70). Die BIA wurde insbesondere zur Charakterisierung der Mangelernährung von pädiatrischen Tumorpatienten empfohlen (71). BIA-Messungen, die nur die Bestimmung der fettfreien Masse umfassen, können allerdings irreführend sein, da die Körperzellmasse auch bei normaler oder nur leicht erniedrigter FFM schon deutlich reduziert sein kann, weil der extrazelluläre Wasseranteil ansteigt (72). Unter methodischen Aspekten liegen nur wenige Daten zur BIA bei Tumorpatienten vor: Nach einer Studie an 38 Tumorpatienten über einen Verlauf von 11 Wochen konnten Simons et al. (73) zeigen, dass eine Änderung des Ganzkörperwassers, bestimmt mittels Deuterium-Dilution, hochsignifikant mit Änderungen des Impedanzindex korreliert.



Bei unterernährten Tumorpatienten kann es aber bei Verwendung von Standardformeln zu einer Überschätzung des Ganzkörperwassers kommen (74). Ob dieser Fehler klinisch relevant ist bzw. durch populationspezifische Formeln verhindert werden kann, bleibt unklar. Entsprechende Studien an Patientengruppen mit unterschiedlichen Tumorleiden liegen nicht vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Validität insgesamt ähnlich ist wie bei anderen Erkrankungen mit einem hohen Risiko für eine Mangelernährung. In den letzten Jahren wurde vermehrt die BIVA bei onkologischen Patienten untersucht. Toso et al konnten in ihrer Arbeit an Patienten mit Lungenkarzinom zeigen, dass Veränderungen der Reaktanz vor einer klinisch erfassbaren Kachexie auftraten und diese Veränderungen eine höhere Aussagekraft bezüglich der Mortalität aufwiesen als der Gewichtsverlust (10;11). Ähnliche Ergebnisse erhielt auch Gupta bei Patienten mit Pankreas- oder Kolonkarzinomen, wo sich der Phasenwinkel als besserer Prädiktor für die Überlebenszeit als beispielsweise Alter, Tumorstadium, Albumin oder Ernährungszustand nach dem Subjective Global Assessment erwies (5;6).