

# JOURNAL FÜR ERNÄHRUNGSMEDIZIN

EDLINGER E

*Die Bedeutung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) im  
geriatrischen Bereich*

*Journal für Ernährungsmedizin 2002; 4 (4) (Ausgabe für Schweiz)  
22-23*

*Journal für Ernährungsmedizin 2002; 4 (4) (Ausgabe für  
Österreich), 24-25*

**Homepage:**

**[www.kup.at/  
ernaehrungsmedizin](http://www.kup.at/ernaehrungsmedizin)**

**Online-Datenbank mit  
Autoren- und Stichwortsuche**

*Mit Nachrichten der*



**INTERDISZIPLINÄRES ORGAN FÜR PRÄVENTION UND  
THERAPIE VON KRANKHEITEN DURCH ERNÄHRUNG**

# Die Bedeutung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) im geriatrischen Bereich

E. Edlinger

Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) wird seit ca. 20 Jahren als schnelle und nichtinvasive Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung eingesetzt. Nach Anlegen von je zwei Meßelektroden an Hand und Fuß des Probanden werden im hochfrequenten Wechselstromfeld (meist 50 kHz) bei konstanter Stromstärke die Widerstände Resistanz ( $R_z$ , Ohmscher Widerstand) und Reaktanz ( $X_c$ , kapazitiver Widerstand) gemessen. Die physikalischen Grundlagen zur Auswertung der Meßergebnisse sind seit langem bekannt und folgen dem Ohmschen Gesetz.

Ohmsches Gesetz:  $U = R \times I$   
( $U$  = Spannung [V],  $R$  = Widerstand [ $\Omega$ ],  $I$  = Stromstärke [A])

Der menschliche Körper wird modellhaft als System elektrischer Leiter betrachtet, wobei parallel und seriell verknüpfte Gewebe die Leiterbahnen darstellen. Für die Auswertung ist entscheidend, daß verschiedene Gewebe- und Zellarten den Strom unterschiedlich gut leiten. Das Skelett und die Fettmasse leiten den Strom so schlecht, daß sie bei der Widerstandsmessung mittels BIA nicht erfaßt werden. Das Muskelgewebe und die Extrazellulär-räume leiten den Strom wesentlich besser und machen den Hauptanteil der Widerstandsmessung mit BIA aus:

- Skelett: 3500  $\Omega$ /cm
- Fett: 2500  $\Omega$ /cm
- Muskel: 250  $\Omega$ /cm
- Blut: 120  $\Omega$ /cm

Es zeigt sich, daß die Widerstände des Körpers stark mit der Körperhydratation korrelieren, weshalb die BIA-Messung zuerst für die Bestimmung des Gesamtkörperwassers (Total Body Water, TBW) herangezogen wurde.

Nachdem zuverlässige Formeln für die Bestimmung des Gesamtkörperwassers entwickelt waren [5], konnte die BIA nach dem Zwei-Kompartiment-Modell für die Bestimmung der fettfreien Masse (FFM) und der Fettmasse (FM) herangezogen werden [1, 2]. Hierzu sind folgende Annahmen notwendig:

1. Die fettfreie Masse besteht durchschnittlich zu 73,2 % aus Wasser.
2. Der Anteil der Fettmasse am Gesamtkörperwasser ist zu vernachlässigen.

Unter diesen Annahmen erhält man die folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} \Rightarrow FM [kg] &= KG - FFM \\ \Rightarrow FFM &= TBW [kg] / 0,732 \end{aligned}$$

## Das Zwei-Kompartiment-Modell

Basierend auf diesen Annahmen, werden heute viele Meßgeräte zur Körperfettbestimmung angeboten, die teils mit Ganzkörpermessung, teils durch Messung von Körpersegmenten (Bein zu Bein/Arm zu Arm) anhand dieser Zusammenhänge den Körperfettanteil berechnen. Hierbei

ist zu beachten, daß insbesondere bei Verschiebungen der Körperhydratation im Krankheitsfall oder durch extremes Training die konstante Hydratation der fettfreien Masse von 73,2 % nicht mehr gegeben ist.

Insbesondere bei Erkrankungen der Niere, bei Mangelernährung, bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Verbindung mit Ödembildung, kann die fettfreie Masse bis zu 90 % aus Wasser bestehen.

Umgekehrt kommt es bei intensiver körperlicher Anstrengung zu starken Wasserverlusten durch Schwitzen, die den Wassergehalt in der fettfreien Masse bis zu ca. 65 % reduzieren. Allein anhand der Schwankungsbreite der Hydratation der fettfreien Masse läßt sich absehen, wie groß die Schwankungen der Fettmassenbestimmung mit BIA sein können.

Zur Korrektur der Fettmasse unter Berücksichtigung von Resistanz und Reaktanz sind neueste Formelwerke in der Lage, die Hydratation der fettfreien Masse zu erkennen und auf diesem Weg den bislang konstanten Wert von 0,732 in der Berechnungsformel für die fettfreie Masse immer der aktuellen Situation anzupassen. Hierdurch werden Schwankungen der Fettmasse aufgrund von Hydrationschwankungen (z. B. durch hormonelle Umstellungen, s. o.) ausgeglichen, und die Ergebnisse für die fettfreie Masse und die Fettmasse werden wesentlich genauer.

## Das Drei-Kompartiment-Modell

Da die Fettmasse dem Körper hauptsächlich als Energiespeicher dient und an den physiologischen Vorgängen des Körpers nicht sehr intensiv beteiligt ist, erscheint es klinisch wesentlich interessanter, die fettfreie Masse genauer zu analysieren (Abb. 1). Insbesondere die Verteilung des Körperwassers auf die Intra- bzw. Extrazellulärbereiche kann dem Kliniker Aussagen über den Ernährungszustand, die Ödembildung bzw. über den allgemeinen Hydrationszustand geben [3–5].

Zu diesem Zweck wird das Verhältnis der beiden Widerstände  $R_z$  und  $X_c$  bzw. die im Wechselstromfeld entstehende Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung als Maß für die Unterscheidung zwischen Zellulär- und Extrazellulärbereichen verwendet. Modellhaft wird davon ausgegangen, daß sich die Körperzellen elektrisch

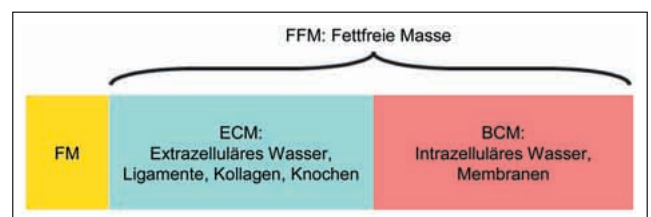


Abbildung 1: Zusammensetzung der fettfreien Masse

Korrespondenzadresse: DDA & EMB Edburg Edlinger, Ernährungsmanagement, Spingesserstraße 9, A-6020 Innsbruck; E-Mail: edburg.edlinger@aon.at

wie kleine Kondensatoren verhalten. Die Zellmembran aus Lipiden dient hierbei als Isolator, während das Zellinnere (Zytoplasma) und die Zellumgebung elektrische Leiter darstellen [1, 2].

Mit Hilfe von Referenzmessungen, wie z. B. der Gesamtkörperkaliumbestimmung (K40-Methode), lassen sich Korrelationen zwischen der BIA-Messung und den zellulären Räumen erstellen. K40 ist zu 98 % im Zellinneren zu finden. Knochen enthalten nur sehr wenig K40, weshalb das Skelett vernachlässigt werden kann. Korreliert man die Referenzmessungen mit BIA-Messungen, zeigt sich, daß die Gesamtheit der Zellen proportional zum Phasenwinkel und zur Reaktanz  $X_c$  steigt. Die Summe der kalium- und sauerstoffreichen Zellen wird Körperzellmasse (Body Cell Mass; BCM) genannt und umfaßt sowohl die Skelettmuskulatur als auch die Zellen der Organe (Nicht-Muskel-BCM). Das Verhältnis von Skelettmuskulatur zu Nicht-Muskel-BCM beträgt beim Gesunden 3,5 : 1 bis 4 : 1 [6].

### Neue Entwicklungen zur Auswertung – das Biavector-Nomogramm

Die Auswertung von BIA-Messungen mit Hilfe des Biavector-Nomogramms (Abb. 2; [7]) ermöglicht Aussagen über den Hydrationsstatus des Probanden bezüglich seiner fettfreien Masse. Je weiter oben ein Meßpunkt liegt, desto schwächer hydriert ist die fettfreie Masse und umgekehrt. Verliert der Körper Wasser, wandert der Meßpunkt von unten nach oben. Wird Wasser eingelagert, verlagern sich die Meßpunkte nach unten [7, 8].

Änderungen der Körperzellmasse werden wie folgt im Nomogramm sichtbar: Wird Körperzellmasse aufgebaut, wird der Phasenwinkel PA größer und die Meßpunkte wandern nach links. Bei Körperzellmassenabbau ist das Gegenteil der Fall. Je weiter rechts im Nomogramm der Meßpunkt liegt, desto weniger Körperzellmasse ist demzufolge vorhanden. Körperfettveränderungen wirken sich im Biavector-Nomogramm im Bereich von 7–11 kg nicht aus, da Körperfett als dielektrisches Gebilde betrachtet werden kann [9, 10].

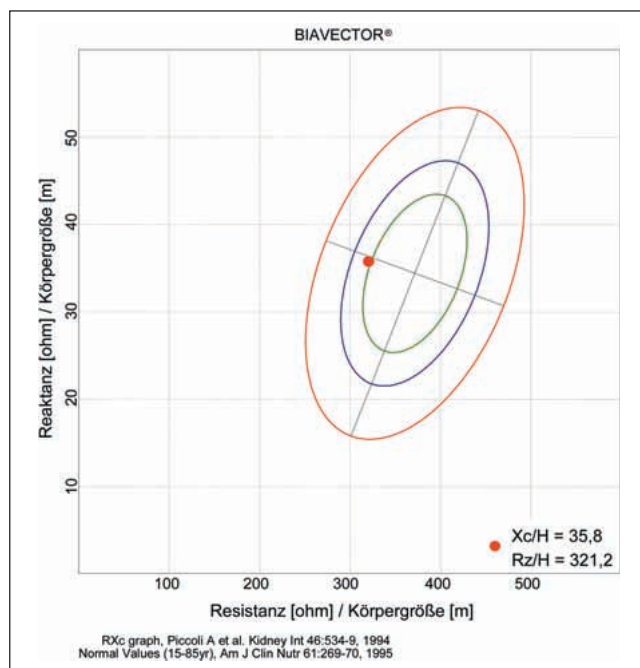


Abbildung 2: Biavector-Nomogramm zur Auswertung von BIA-Messungen

## Zusammenfassung

Abschließend ist zu sagen, daß das 3-Kompartiment-Modell in der Geriatrie einen idealen Einsatzbereich als Meßinstrument des Ernährungszustandes sowie der Hydratation findet. Besonders interessant ist das Biavector®-Nomogramm nach Prof. Piccoli (Univ. Padua), in welchem nur die Rohdaten Resistanz und Reaktanz zur Beurteilung herangezogen werden. Anhand der Lage des Meßpunktes im Biavector-Nomogramm läßt sich sofort der Ernährungs- und Hydrationszustand im Verhältnis zur Normalbevölkerung ablesen [7, 8].

Der Körperfettanteil läßt keine Aussage über den zellulären Ernährungszustand eines Patienten zu. Beispielsweise können kachektische Patienten durchaus einen erhöhten Körperfettanteil aufweisen. Letztlich entscheidend ist aber der Anteil an Körperzellmasse. Insbesondere die Relation von Körperzellmasse zu Extrazellulärwasser gibt Hinweise auf eine zelluläre Malnutrition. Bereits ein „latenter Proteinmangel“ ist mittels bioelektrischer Impedanzmessung durch ein erhöhtes Extrazellulärwasser festzustellen. In diesem Stadium sind Laborwerte wie Albumin etc. meist noch im Normbereich.

Anwendung findet die bioelektrische Impedanzanalyse in einem optimalen Monitoring der Hydratation sowie des Ernährungszustandes geriatrischer Patienten. Es ist unzulässig, sich bei der Beurteilung einer Malnutrition nur auf das Gewicht zu verlassen. Als schnelle und einfache Meßmethode sollte künftig die bioelektrische Impedanzanalyse die Waage auf allen Stationen ersetzen.

### Zitierte Literatur

1. Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald P, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four site crossvalidation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7–14.
2. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1985; 60: 1327–32.
3. Shizgal HM. Validation of the measurement of body composition from whole body electric impedance. *Infusionstherapie* 1990; 17 (Suppl 3): 67–74.
4. Van Loan MD. Bioelectrical impedance analysis to determine fat-free mass, total body water and body fat. *Sports Med* 1990; 10: 205–17.
5. Sergi G, Bussolotto M, Perini P, Calliari I, Cecon V, Scanferla F, Bressan M, Meschini G, Enzi G. Accuracy of bioelectrical impedance analysis in estimation of extracellular space in healthy subjects and in fluid retention states. *Ann Nutr Metab* 1994; 38: 158–65.
6. Selberg O, Müller MJ. *Ernährungsmedizinische Praxis*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998; 70.
7. Piccoli A, Rossi B, Pillon G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The Rxc graph. *Kidney Int* 1994; 46: 534–9.
8. Piccoli A, for the Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance (HD-BIA) Study Group. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. *Kidney Int* 1998; 53: 1036–43.
9. Zarowitz BJ, Pilla AM. BICP. Bioelectrical Impedance in clinical practice. *Annuals Pharmacotherapy* 1989; 23: 548–55.
10. Piccoli A, Brunnani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, Cavagnini F. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obesity* 1998; 22: 97–104.

### Weitere Literatur

- Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417–24.
- Kushner RF, Schoeller DA, Field CR, Danford L. Is the impedance index (HT/R) significant in predicting total body water? *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 835–9.
- Ott M, Fischer H, Polat H, Helm EB, Frenz M, Caspary WF, Lembcke B. Bioelectrical impedance analysis as a predictor of survival in patients with human immunodeficiency virus infection. *J Acquired Immune Deficiency Syndromes Human Retrovirology* 1995; 9: 20–5.
- Ott M, Lembcke M, Fischer H, Lager R, Polat H, Geier H, Rech M, Staszewski S, Helm E, Caspary W. Early changes of body composition in human immunodeficiency virus-infected patients. Tetrapolar body impedance analysis indicates significant malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 15–9.
- Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L, Maggiore Q. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 269–70.
- Piccoli A, Rossi B, Pillon G, Bucciante G. Körperflüssigkeitsüberladung und bioelektrische Impedanzanalyse bei Nierenpatienten. *Mineral Electrolyte Metab* 1996; 22: 76–8.
- de Vries PMJM. Assessment of nutritional and hydration status with a new bioimpedance method without the need of know length and weight of the patient. Dept. of Internal Medicine, Free University Hospital Amsterdam, The Netherlands, 1997.
- Ward LC, Doman D, Jebb SS. Evaluation of a new bioelectrical impedance instrument for the prediction of body cell mass independently of height or weight. *Proc Nutr Soc Australia* 1997; 21: 131.