

**Aus der Medizinisch-Geriatriischen Klinik am
Albertinen-Haus Hamburg**

Zentrum für Geriatrie und Gerontologie

Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Hamburg

Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang von Renteln-Kruse

**Ernährungs- und Hydratationszustand älterer Menschen:
Ein Vergleich klinischer Befunde mit Ergebnissen der
Bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA)**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Franziska Borrmann, geb. Lehmann,
aus Dresden

Hamburg 2012

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 24.04.2013

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. W. von Renteln-Kruse

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. S. Harendza

Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in:

**Gewidmet meinen lieben Eltern Birgit und Bernd in Dankbarkeit
und
meinen Großeltern Else und Arthur in ewiger Erinnerung.**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Arbeitshypothese	5
2 Material und Methoden	7
2.1 Patienten und Studiendurchführung	7
2.1.1 Erster Studienteil	7
2.1.2 Zweiter Studienteil	8
2.2 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA).....	9
3 Ergebnisse	14
3.1 Erster Studienteil	14
3.1.1 Vergleich selbstständig lebender Frauen mit Pflegeheimbewohnerinnen.....	14
3.1.2 Korrelation von anthropometrischen Daten und BIA-Messwerten.....	15
3.2 Zweiter Studienteil	17
3.2.1 Vergleich der klinischen Einschätzung des Hydratationszustandes und BIA- Messungen bei geriatrischen Patienten	17
3.3 Patientenbeispiele	18
4 Diskussion	20
5 Zusammenfassung	25
6 Anhang	26
6.1 Abkürzungsverzeichnis	26
6.2 Abbildungsverzeichnis	28
6.3 Tabellenverzeichnis	29
6.4 Literaturverzeichnis.....	30
6.5 Curriculum vitae.....	35
6.6 Danksagungen	36
6.7 Eidesstattliche Erklärung.....	37
6.8 Veröffentlichung	38

1 EINLEITUNG UND ARBEITSHYPOTHESE

Zwei große klinische Problemfelder können in Hinblick auf den Ernährungszustand bei älteren Patienten skizziert werden: Erstens die Homöostase von Körperflüssigkeiten, beschrieben mit den Begriffen Hyper- und Dehydratation oder Hyper- und Hypovolämie und zweitens der Zustand von Körperzellen und Ernährungsbestandteilen, klinisch praktikabel eingeteilt in Begriffe wie Malnutrition, Sarkopenie und Kachexie mit einer gewissen Überlappung.

Dehydratation wird als die häufigste Flüssigkeitsimbalance beim alten Menschen angesehen. Sie führt zu erhöhter Morbidität und Mortalität, sowie zur Verlängerung der stationären Verweildauer von älteren Patienten [Weinberg und Minaker 1995]. Bei Einweisungen dieser Patienten in Notfallambulanzen ist die Dehydratation eine der häufigsten Diagnosen [Gross et al. 1992, Bourdel-Marchasson et al. 2004]. Dafür gibt es mehrere Gründe: Bei Älteren ist das Durstgefühl als physiologische Antwort auf zu geringe Wasserzufuhr herabgesetzt [Phillips et al 1984, Davies et al. 1995]. Es scheint, als bestünde im Alter ein höher gelegener osmotischer „operating point“ für das Auftreten von Durstgefühl und damit verbunden ein verlangsamter Ausgleich eines Flüssigkeitsdefizites [Thomas und Morley 2007]. Weiterhin steigt im Alter der Relativgehalt an Körperfettmasse, der Anteil an Körperwasser fällt und ist daher möglicherweise anfälliger für Störungen [Mertz und Keller 2000]. Zusätzlich ist die Ausscheidung von Natrium eingeschränkt, die Gesamtsekretion von Renin, Angiotensin und Aldosteron lässt im Alter nach und die Spitzenspiegel der Ausscheidung von Anti-Diuretischem Hormon (ADH) sind ebenfalls reduziert [Steen 1997]. Weiterhin gibt es sekundär bedingte Umstände, wie die reduzierte Mobilität oder der vermehrte Gebrauch von Laxanzien oder Diuretika, die dazu beitragen können, dass eine Dehydratation langsamer ausgeglichen wird [Lavizzo-Mourey et al. 1988, Mohawold et al.1981].

Malnutrition ist ein wichtiger und häufiger Befund sowohl bei geriatrischen Krankenhauspatienten als auch bei Bewohnern in Alten- und Pflegeheimen [Smoliener et al. 2008]. Sarkopenie ist sehr häufig bei Personen über 80 Jahren [Morley und Haren 2007]. Die Rekompensation für Verlust von Kalorien und Körpermasse scheint im Alter verlangsamt zu sein: Eine hypokalorische Ernährung älterer Männer über 14 Tage führte nicht zu einer kompensatorisch verstärkten Nahrungsaufnahme im Zeitraum danach [Roberts et al. 1994]. Die Gründe für altersassoziierte Störungen sind komplex und bisher nicht vollständig

verstanden [Bauer et al. 2008].

In den angeführten klinischen Bereichen wäre eine einfach anwendbare Messmethode zur Bestimmung des Körperflüssigkeits- und Ernährungshaushaltes hochgradig wünschenswert. Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist einfach und schnell zu handhaben, nicht invasiv und bietet damit zunächst ideale Voraussetzungen [Schut et al 2005, Pirlich et al. 1999, Kyle et al. 2004]. Von 1990-2003 wurden etwa 1600 Artikel zum Stichwort „Bioelektrische Impedanzanalyse“ publiziert [Stichwortsuche PubMed], aber erst in den letzten Jahren mehren sich einzelne Arbeiten zur Anwendung des Verfahrens bei älteren Patienten. Wiederholt wurde betont, dass gerade durch die unterschiedlichen Formeln zur Berechnung der Körperzusammensetzung, wie z.B. der Fettmasse, Fehler entstehen [Kyle et al. 2004]. Einzelne erste Publikationen beschäftigten sich in den letzten Jahren mit geriatrischen Patienten [Wirth und Miklis 2005, Norman et al. 2007, Aleman-Mateo et al. 2010, Hoyle et al. 2011].

Ziel dieser Arbeit war es, mit der Bioelektrischen Impedanzanalyse sowohl selbstständig lebende Ältere, als auch Bewohner von Alten- und Pflegeheimen und stationäre geriatrische Patienten im Krankenhaus zu untersuchen und die morphometrischen Ergebnisse mit einer klinischen Einschätzung zu vergleichen.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 PATIENTEN UND STUDIENDURCHFÜHRUNG

Ziel der Studie ist ein Vergleich zwischen klinischem Assessment und BIA-Analyse in drei verschiedenen Gruppen älterer Menschen.

2.1.1 Erster Studienteil

Im ersten Teil der Studie wurden 31 selbstständig lebende ältere Frauen, sowie 30 Frauen aus zwei verschiedenen Alten- und Pflegeheimen in Hamburg untersucht. Die selbstständig lebenden Frauen waren Teilnehmer einer Sport- und Präventionsgruppe des Albertinen-Hauses in Hamburg, Zentrum für Geriatrie und Gerontologie, Lehrkrankenhaus der Universität Hamburg. Nach genauer Erläuterung der Befragungen und Messmethoden durch die Doktorandin, erklärten sich die Probanden, bzw. deren gesetzliche Betreuer nach Unterschrift einer Einverständniserklärung zur Teilnahme bereit. Die Untersuchungen in den Altenheimen erfolgten nach engmaschiger Rücksprache mit der jeweiligen Pflegedienstleitung.

Die 61 teilnehmenden Probandinnen wurden einem ausführlichen geriatrischen Basisassessment unterzogen, welches den Barthel-Index (ADL = Aktivitäten des täglichen Lebens) [Mahoney and Barthel 1965], die Mini Mental State Examination (MMSE) [Folstein et al. 1975], das Mini Nutritional Assessment (MNA) [Vellas et al. 1999], die Messung der Handkraft [Fa Sport Tec, Pirmasens, Deutschland], die Messung des Wadenumfanges (WU) (in cm), das Körpergewicht (in kg) und die Körpergröße (in cm) umfasste. Nach Beendigung der Untersuchungen erhielten alle Patientinnen ein Feed-back-Protokoll mit einem medizinischen Kommentar.

Initial wurden Männer und Frauen rekrutiert. Da jedoch die Anzahl der Frauen deutlich überwog und die Normwerte der BIA für beide Geschlechter sehr unterschiedlich sind, gingen in die Analyse nur die Daten der Frauen ein. Die Daten der elf Männer blieben in der Endauswertung unberücksichtigt.

2.1.2 Zweiter Studienteil

In einer zweiten Studie wurden 103 nacheinander in die Medizinisch-Geriatrie Klinik des Albertinen-Hauses aufgenommene männliche und weibliche Patienten untersucht. Die Ergebniserfassung fand innerhalb des ersten Tages des stationären Aufenthaltes statt. Die Hauptaufnahmediagnosen waren folgende: 34 Patienten hatten Frakturen, davon vor allem des proximalen Femurs (25), einer oder mehrerer Wirbelkörper (6) oder des proximalen Humerus (3). 22 Patienten hatten einen Schlaganfall erlitten, 14 Patienten wurden unmittelbar zuvor abdominaler Operationen unterzogen, 10 Patienten litten unter Schmerzsyndromen des muskulo-skelettalen Bereiches, 13 Patienten hatten internistische Grunderkrankungen, vor allem eine Herzinsuffizienz, 8 wurden wegen kognitiver Einschränkungen eingewiesen und 2 hatten andere neurologische Erkrankungen.

Zwischen 8 und 11 Uhr morgens wurde die BIA, nach ausführlicher Erläuterung der Methode und des Grundes der Untersuchung, sowie nach einer schriftlichen Einverständniserklärung, durch die Doktorandin durchgeführt. Der Mittelwert zweier Messungen wurde aufgezeichnet. Innerhalb der nächsten drei Stunden untersuchte einer von zwei Oberärzten der Klinik (Dr. med. A. Rösler oder Dr. med. M. Michaelis) den Patienten in Hinblick auf den Hydratationsstatus. Dafür wurde die kurze Checkliste nach Nelson 1993 benutzt.

	1	2	3	4	5
Hautturgor	deutlich herabgesetzt	herabgesetzt	normal	leichte Ödeme	deutliche Ödeme
Schleimhäute	sehr trocken	trocken	normal	sezernierend	
“capillary refill” Zeigefinger	verzögert		normal		
Augen	eingesunken		normal		
Urinfarbe bei liegendem Dauerkatheter	dunkel		normal		
Hydratation	schwer dehydriert	leicht dehydriert	normal	leicht hyperhydriert	schwer hyperhydriert

Tabelle 1: Beurteilung der Hydratation nach Nelson 1993

Aufgrund Ermangelung einer einfachen Checkliste in der geriatrischen Literatur wurde diese Liste aus der Kinderheilkunde adaptiert. Diese Beurteilung wurde mit einer allgemeinen Einschätzung des Hydratationszustandes in einer Analogskala von 1 (schwer dehydriert) bis 5 (schwer hyperhydriert) aufgeführt. 3 galt als normal hydriert.

Drei initial rekrutierte Patienten mussten aufgrund des Tragens eines Herzschrittmachers ausgeschlossen werden.

2.2 BIOELEKTRISCHE IMPEDANZANALYSE (BIA)

Die Impedanzanalysen wurden mit einem 50 kHz-ElectroFluidGraph der Firma AKERN (Florenz, Italien) durchgeführt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: EFG-Gerät der Firma AKERN (Florenz, Italien)

Die Messung wurde im Liegen im Anschluss an die routinemäßige EKG-Untersuchung vorgenommen. Um eine gleichmäßige Verteilung der Körperflüssigkeiten zu garantieren, lagen die Probanden bereits 5 Minuten vor der eigentlichen Messung. Die Extremitäten waren dabei, wenn möglich, ca. 25° vom Torso abgewinkelt.



Abbildung 2: Proband bei der BIA

Die Elektroden (BIATRODES der Firma AKERN) wurden auf der dominanten Körperhälfte angebracht, jeweils zwei auf der Hand und zwei auf dem Fuß mit 5 cm Abstand [Kushner 1992] (siehe Abbildung 2).

Die Grundlage für die Entwicklung der Impedanzanalyse ist, dass Wechselstrom, welcher an einem flüssigkeitsgefüllten Zylinder angelegt wird, durch die sich in der Flüssigkeit befindlichen Ionen geleitet wird [Mohapatra et al. 1981.]. An diesem Zylinder herrscht ein Widerstand (R). Dieser ist abhängig von der Länge (l) und dem Durchmesser (d) des Zylinders. Wird in die Flüssigkeit ein schlecht leitendes Element, wie z.B. Fett, eingebracht, so steigt der Widerstand. Der Körper des Menschen, mit Rumpf und Extremitäten, stellt eine Folge in Reihe geschalteter Zylinder dar, wobei die Länge bekannt ist und der Durchmesser relativ konstant bleibt. Misst man nun über die Länge der Zylinder den Widerstand, ermittelt man somit das Flüssigkeitsvolumen (V) des Körpers [Hoffer et al 1969, Kusher. 1992].

Durch zwei Elektroden wird im Körper ein homogenes elektrisches Feld mit einer konstanten Stromstärke (I) erzeugt. Die übrigen zwei Elektroden tasten den Spannungsverlauf (U) ab. Der Körper setzt dem erzeugten Wechselstrom einen Widerstand entgegen, die Impedanz (Z).

Diese setzt sich aus zwei Einzelwiderständen zusammen. Fettfreies Gewebe im Körper, wie z.B. Flüssigkeiten oder Elektrolyte, setzt dem Strom einen ohmschen Widerstand (R) entgegen, welcher als Resistanz (R_z) bezeichnet wird. Stoffwechselaktive Zellen wirken im Wechselstromfeld, bedingt durch ihre Zellmembranen, als Kondensatoren, also als Speicher elektrischer Ladungen. Diese setzen dem Strom einen kapazitiven Widerstand (X_c) entgegen, welcher als Reaktanz (X_c) bezeichnet wird [Dörhöfer et al. 2007].

Durch die elektrisch isolierten Doppelmembranen der Zellwände kommt es zu einer elektrischen Ladung der Zellmembranen, ähnlich der eines elektrischen Kondensators. Dies führt zu einer messbaren Phasenverschiebung des Stromflusses. Diese Phasenverschiebung wird in der BIA als Phasenwinkel (englisch: phase angle [PA]) bezeichnet und direkt, ohne die Verwendung von Formeln, gemessen [Wirth et al. 2005]. Er wird interpretiert als Indikator der Membranintegrität der Zellen und gibt Hinweise über die intrazelluläre und extrazelluläre Wasserverteilung [Schwenk et al. 2000].

Genutzt wurden nur direkte BIA-Parameter (Phasenwinkel, Resistanz und Reaktanz). Fettfreie Masse (FFM), Fettmasse (FM) und die Verteilung von Wasser in unterschiedlichen Räumen, Extrazellulär- (ECW) und Intrazellulärwasser (ICW) werden in der BIA nur indirekt durch Gleichungen kalkuliert, die einen konstanten Grad an Hydratation der FFM voraussetzen [Dörhöfer und Pirlich 2007, Lukaski 1996, AKERN 2007]. Die Messergebnisse von älteren Menschen sind jedoch inkonstant, je nachdem welche Formel man zur Berechnung benutzt [Genton et al. 2001]. Zusätzlich zu den Rohdaten wurde das Biavektor®-Normogramm (siehe Abbildung 3) verwendet, entwickelt durch Piccoli und Mitarbeiter [Piccoli et al. 1995], in welches die gemessenen Reaktanz- und Resistanzwerte aufgetragen wurden. Zum Erhalt individueller Genauigkeit wurden die R_x - und X_c -Werte durch die Körpergrößen (H) des jeweiligen Patienten dividiert, um die Länge des Leiters zu normalisieren [Vaché et al. 1998].

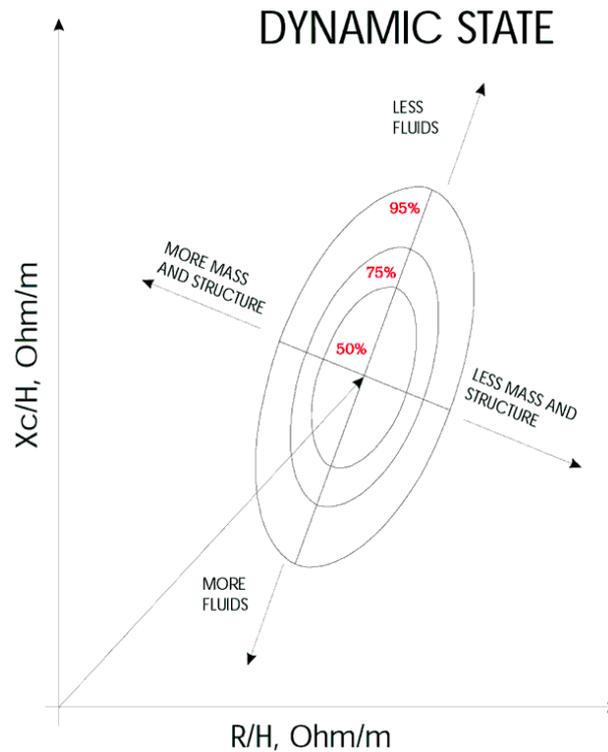


Abbildung 3: Biavektor® [Piccoli et al. 1995]

Dieses Normogramm wurde standardisiert für europäische Probanden zwischen 16-85 Jahren. Das Biavektor®-Normogramm lässt sich durch das Festlegen von Perzentilen sinnvoll in fünf Bereiche von schwerer Hypo- bis schwerer Hyperhydratation einteilen. Die 50%-Perzentile wurde als normal hydriert angesehen, die 51-75%-Perzentile als mild dehydriert bzw. mild hyperhydriert und der Range über 75% als schwer dehydriert bzw. schwer hyperhydriert (siehe Abbildung 4).

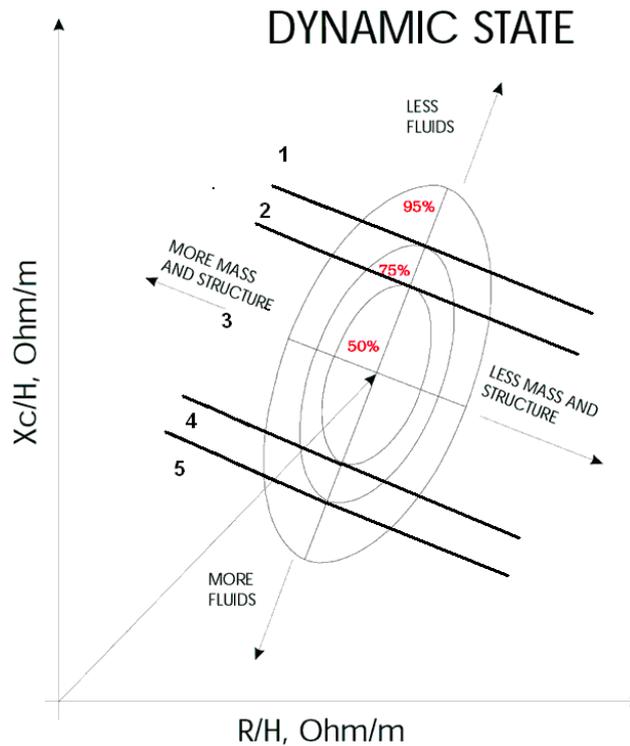


Abbildung 4: 5-Punkt-Hydratationsskala im BIA-Normogramm

Alle Studienteilnehmer, bzw. im Falle einer gesetzlichen Betreuung deren Bevollmächtigte, unterzeichneten vor Beginn der Untersuchungen und Befragungen nach ausführlichen Erläuterungen eine schriftliche Einverständniserklärung. Die Ausschlusskriterien waren ein Alter unter 65 Jahren und/oder implantierte Herzschrittmacher bzw. Defibrillatoren. Die klinische Beurteilung der Oberärzte wurde ohne Kenntnis der Ergebnisse der BIA-Messung vorgenommen.

Die statistische Analyse wurde mit Hilfe der „Statistical Package for Social Sciences“-Software (SPSS)[®] Version 12.0 durchgeführt. Die Gruppenunterschiede wurden mit Hilfe nichtparametrischer Tests (Withney-Mann-U-Test) berechnet.

3 ERGEBNISSE

3.1 ERSTER STUDIENTEIL

3.1.1 Vergleich selbstständig lebender Frauen mit Pflegeheimbewohnerinnen

Die selbstständig lebenden Frauen waren jünger und erreichten höhere Durchschnittsergebnisse im Niveau der grundlegenden Alltagsaktivitäten (ADL) und dem MMSE. Sie hatten eine stärkere Handkraft (hcr) und einen größeren Wadenumfang als die Bewohnerinnen des Altenheimes. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

	Selbstständige	Heimbewohnerinnen	Signifikanz
Probandinnen	30	31	
Alter	73,4 ± 5,3	85,3 ± 6,2	0,000**
Größe [cm]	164,1 ± 5,9	162,4 ± 5,9	0,670
Gewicht [kg]	75,2 ± 13,1	68,3 ± 14,1	0,070
BMI [kg/m²]	27,8 ± 4,4	25,8 ± 5,0	0,080
Handkraft rechts (hcr) [bar]	0,59 ± 0,21	0,39 ± 0,20	0,002**
MMSE	28,8 ± 0,8	23,9 ± 4,9	0,000**
MNA	27,7 ± 1,6	23,7 ± 2,8	0,000**
Wadenumfang [cm]	37,7 ± 4,1	35,2 ± 3,0	0,001**
ADL	99,2 ± 4,6	70,7 ± 21,0	0,000**
Reaktanz Xc [Ω]	48,0 ± 6,2	44,2 ± 9,1	0,054
Resistanz R [Ω]	556,3 ± 71,1	584,1 ± 89,7	0,162
Phasenwinkel PA [°]	5,0 ± 0,7	4,4 ± 0,8	0,001**
Xc/H [Ω/m]	29,3 ± 3,9	27,2 ± 5,4	0,077
R/H [Ω/m]	339,2 ± 42,7	359,3 ± 50,8	0,094

Tabelle 2: Merkmale der Probandinnen (MW ± SD) und Signifikanz der Unterschiede beider Probandinnengruppen mittels Whitney-Mann-U-Test (*signifikanter Unterschied auf dem 0,05-Niveau, **signifikanter Unterschied auf dem 0,01-Niveau)

3.1.2 Korrelation von anthropometrischen Daten und BIA-Messwerten

Bei den Studienteilnehmern der selbstständig lebenden Frauen fand sich insbesondere im Bereich der Resistanz, normalisiert auf die Körpergröße (R/H), eine gute Korrelation zwischen anthropometrischen Daten und BIA-Messwerten. Es zeigte sich eine signifikant negative Korrelation zwischen der Resistanz (R/H) und dem Body-Mass-Index (BMI), dem Körpergewicht und dem Wadenumfang (Tabelle 3).

	Phasenwinkel (PA) der Selbstständigen	Reaktanz (R/H) der Selbstständigen	Resistenz (Xc/H) der Selbstständigen
Größe	-0,335	-0,067	-0,557**
Gewicht	0,333	-0,730**	-0,440*
BMI	0,501*	-0,735**	-0,258
MMSE	-0,447*	0,212	-0,120
ADL	0,341	-0,340	0,212
MNA	0,424*	-0,326	0,109
hcr	0,365	-0,400*	-0,152
Wadenumfang	0,152	-0,698**	-0,439*

Tabelle 3: Korrelation (Spearman-Rho) zwischen anthropometrischen Daten, Testverfahren und BIA-Werten bei selbstständig lebenden älteren Frauen (* Signifikanz $p < 0,05$, ** Signifikanz $p < 0,01$)

Die Korrelationen der BIA-Messergebnisse (Resistenz dividiert durch Körpergröße [Xc/H] sowie der Reaktanz dividiert durch Körpergröße [R/H]) sowohl mit dem BMI als auch mit der Körpergröße waren vorauszusehen, weil die Körpergröße direkt in die Formel zur Berechnung der beiden indirekten Parameter eingeht (s. Methodikteil). Daher werden diese Korrelationen nicht weiter kommentiert.

Die initial besprochene negative Korrelation der Resistanz mit dem BMI, dem Körpergewicht und dem Wadenumfang war für Frauen, im Alten- und Pflegeheim, deutlich schwächer ausgeprägt. Dennoch besteht auch hier eine signifikante Korrelation zwischen Resistanz und Wadenumfang als auch zwischen Resistanz und BMI (Tabelle 4).

	Phasenwinkel (PA) der Heimbewohnerinnen	Reaktanz (R/H) der Heimbewohnerinnen	Resistanz (Xc/H) der Heimbewohnerinnen
Größe	-0,070	0,215	0,113
Gewicht	0,102	-0,349	-0,232
BMI	0,094	-0,495**	-0,339
MMSE	-0,341	0,020	-0,279
ADL	0,250	0,248	0,430*
MNA	-0,140	-0,228	-0,172
Hcr	0,229	0,164	0,235
Wadenumfang	0,305	-0,695**	-0,346

Tabelle 4: Korrelation (Spearman-Rho) zwischen anthropometrischen Daten, Testverfahren und BIA-Werten bei Heimbewohnerinnen (* Signifikanz $p < 0,05$, ** Signifikanz $p < 0,01$)

3.2 ZWEITER STUDIENTEIL

3.2.1 Vergleich der klinischen Einschätzung des Hydratationszustandes und BIA-Messungen bei geriatrischen Patienten

Die deskriptiven Ergebnisse der Analyse der 103 geriatrischen Patienten werden in Tabelle 5 aufgeführt.

	Gesamt	Frauen	Männer
Anzahl	103	84	19
Alter	80,9 ± 7,2	81,3 ± 7,2	79,2 ± 7,4
Größe [cm]	164,9 ± 8,6	162,4 ± 6,5	175,5 ± 8,1
Gewicht [kg]	66,1 ± 14,8	63,7 ± 14,9	76,4 ± 9,5
R [Ω]	587,1 ± 92,0	606,4 ± 85,0	502,0 ± 72,3
Xc [Ω]	43,8 ± 8,9	43,6 ± 8,1	44,4 ± 12,1
R/H [Ω/m]	358,0 ± 62,5	373,2 ± 54,8	285,5 ± 44,1
Xc/H [Ω/m]	26,1 ± 5,5	26,4 ± 5,2	24,7 ± 6,8
PA [°]	4,3 ± 0,9	4,2 ± 0,7	5,1 ± 1,1

Tabelle 5: Merkmale der untersuchten Krankenhauspatienten (MW ± SD)

Zusammengefasst wurden 40 der 103 Patienten sowohl klinisch als auch durch BIA-Messung als normal hydriert eingestuft. Eine Verschiebung ergab sich bei der Einschätzung der Patienten mit milder Hyperhydratation: Die BIA-Messung identifizierte 32 Patienten als leicht hyperhydriert, wohingegen nur 9 Patienten klinisch als leicht hyperhydriert eingeschätzt wurden. Die BIA-Messung und die klinische Beurteilung waren bei 5 dieser 9 Patienten übereinstimmend. Über die geschilderten Patienten hinaus gab es keine Übereinstimmung zwischen der klinischen Einschätzung und den BIA-Messungen. Die 34 Patienten, welche klinisch als leicht dehydriert eingestuft wurden, sind von der BIA-Messung nicht als solche bestätigt worden. Es war ein deutlicher Trend der BIA-Messung hin zu vermehrter Hyperhydratation erkenntlich. Insgesamt wurden von der BIA 43 Patienten als mild oder schwer hyperhydriert angezeigt, wohingegen nur 9 Patienten klinisch hyperhydriert erschienen.

Von den 11 von der BIA als schwer hyperhydriert angesehenen Patienten wurde keiner klinisch so eingeschätzt (Tabelle 6).

	Klinische Beurteilung	BIA-Messwerte	Kongruenz
Schwere Dehydratation (AS=1)	0	0	0
Leichte Dehydratation (AS=2)	34	5	0
Normale Hydratation (AS=3)	60	55	40
Leichte Hyperhydratation (AS=4)	9	32	5
Schwere Hyperhydratation (AS=5)	0	11	0
Summe	103	103	45 (43,7%)

Tabelle 6: Anzahl der beurteilten Patienten durch klinisches Rating und durch BIA, Kongruenz der beurteilten Patienten (AS=Analogskala für das klinische Assessment des Hydratationsstatus)

3.3 PATIENTENBEISPIELE

Im ersten Beispiel handelt es sich um eine 84-jährige Patientin. Sie wurde, sowohl nach der modifizierten Analogskala nach Nelson als auch mit der BIA als normal hydriert eingestuft. In der nachfolgenden Abbildung ist der erstellte BIA-Vektor® der Patientin dargestellt. Reaktanz und Resistanz wurden, dividiert durch die Körpergröße, ins Koordinatensystem eingetragen. Der ermittelte Phasenwinkel liegt im Bereich der 75%-Perzentile.

Geschlecht	Alter [Jahre]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI [kg/m²]	Xc [Ω]	Rz [Ω]	PA [°]
weiblich	84	160	58,7	22,9	47	677	4,0

Tabelle 7: 84-jährige Patientin, normaler Hydratationsstatus nach klinischer Einschätzung und BIA

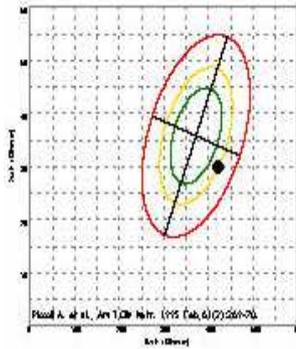


Abbildung 5: BIA-Vektor® oben genannter 84-jährigen Patientin (normaler Hydratationsstatus nach klinischer Einschätzung und BIA)

Das nachfolgende Beispiel zeigt einen Fall der unterschiedlichen Beurteilung des Hydratationsstatus durch beide Methoden. Bei dieser 76-jährigen Patientin wurde der Wasserhaushalt klinisch als leicht dehydriert eingestuft. Die BIA hingegen hat die Patientin als leicht hyperhydriert eingeordnet, zu erkennen im folgenden BIA-Vektorgramm® (Der PA befindet sich weit außerhalb der Perzentilen der Normalbevölkerung).

Geschlecht	Alter [Jahre]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI [kg/m ²]	Xc [Ω]	Rz [Ω]	PA [°]
weiblich	76	180	65,0	20,1	38	875	2,5

Tabelle 8: 76-jährige Patientin, klinisch leicht dehydriert, in der BIA leicht hyperhydriert geschätzt

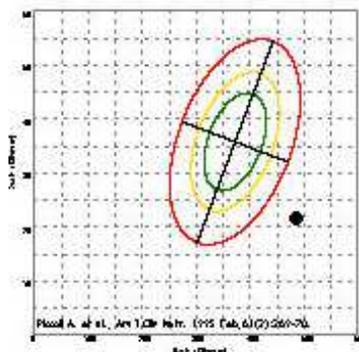


Abbildung 6: BIA-Vektor einer 76-jährigen Patientin, klinisch leicht dehydriert, in der BIA leicht hyperhydriert gemessen

4 DISKUSSION

Die Studienergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden: Bei selbstständig lebenden älteren Frauen und weniger auch bei Frauen in Alten- und Pflegeheimen korreliert die BIA-Resistanz (R/H) und in geringerem Umfang auch die Reaktanz (X/H), jeweils geteilt durch die Körpergröße, mit den anthropometrischen Daten, insbesondere mit dem Wadenumfang und dem Körpergewicht. Dies weist auf eine grundsätzlich durchaus vorhandene Qualität und Eignung der BIA zur Einschätzung der Nutrition älterer Menschen hin.

Die hohen Korrelationen der BIA-Messwerte mit dem BMI und der Körpergröße werden zum Teil dadurch erklärt, dass die Größe sowohl in die BIA-Parameter X_c/H und R/H als auch in die Berechnung des BMI einfließt. Hier ist bei der Interpretation Vorsicht geboten.

Norman und Mitarbeiter (2007) benutzten die BIA-Analyse in vergleichbarer Art und Weise wie in der hier beschriebenen Studie und teilten Pflegeheimbewohner in drei Gruppen (guter Ernährungszustand, Risiko für Unterernährung, unterernährte Bewohner) ein. Sie konnten zeigen, dass der Phasenwinkel gut mit der Kraft in der Kniestreckung und der Handkraft (hcr) korrelierte. Weiterhin zeigt die Resistanz einen Zusammenhang mit niedrigen Werten im MNA. Je schlechter der Ernährungsstatus der Bewohner war, umso weiter wanderte der BIA-Vektor in die rechte untere Ecke des BIA-Normogrammes. Dies weist auf einen zunehmenden Verlust von Körpermasse mit zunehmendem Alter hin. Das Gleiche lässt sich von den ermittelten Daten der vorliegenden Studie sagen, wenn die Mittelwerte der Messdaten von selbstständig lebenden älteren Frauen, Frauen in Alten- und Pflegeheimen und weiblicher geriatrischen Patienten zusammengefasst werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 7 dargestellt.

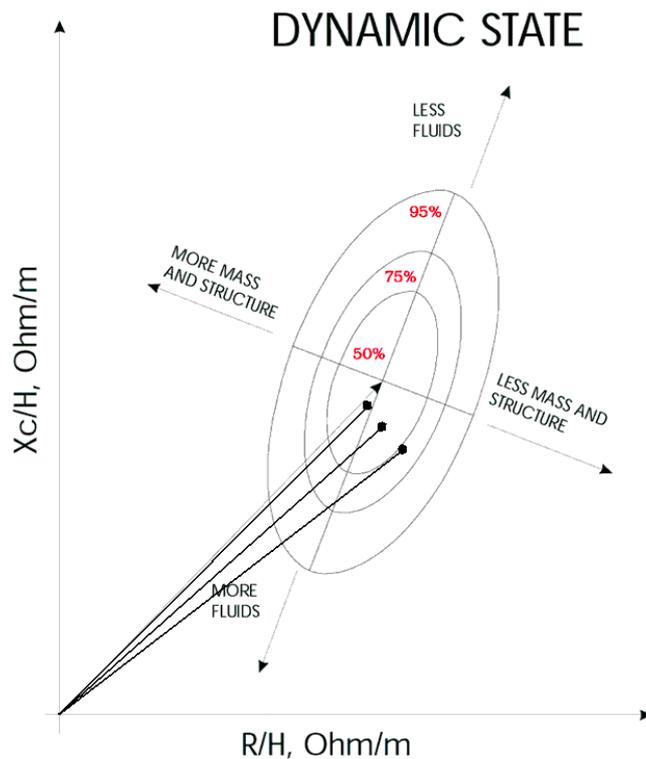


Abbildung 7: Phasenwinkel selbstständig lebender Älterer, Heimbewohner/-innen und stationärer geriatrischer Patienten aufgetragen im BIA-Vektor® (von links nach rechts)

Buffa und Kollegen (2003) konnten das Phänomen der BIA-Vektor-Wanderung anhand einer Kohorte gesunder älterer Menschen darstellen: Sie verglichen BIA-Messwerte mit dem Körperumfang der Probanden. Der BIA-Vektor wandert auch hier wie bei Norman und Kollegen mit zunehmendem Alter und Gebrechlichkeit der Patienten in den rechten unteren Quadranten.

2008 zeigte die Arbeitsgruppe um Norman und Kollegen, dass die BIA-Vektor-Analyse eine klinisch einsetzbare Messmethode zur Identifikation krankheitsbedingter Malnutrition ist. Sie bestimmten bei 242 Patienten mit gastrointestinalen Erkrankungen anhand des Subjective Global Assessments (SGA) den Ernährungsstatus und untersuchten diesen ebenfalls mittels BIA. Es zeigte sich eine deutliche Wanderung des Vektors im Biagramm in den rechten unteren Quadranten in Bezug zur ermittelten Ernährungssituation, welche durch den ebenfalls bestimmten BMI nicht erkenntlich war. Krankheitsbezogene Malnutrition geht einher mit einer ausgeprägten Vektorwanderung (Reduktion der Reaktanz).

Der Phasenwinkel sinkt mit zunehmendem Alter. In einer neuen Untersuchung von Wirth und Kollegen 2010 erscheint der Phasenwinkel als ein nützliches prognostisches Werkzeug bei geriatrischen Patienten. Ein Grund dafür könnten neben dem quantitativen Verlust von

Muskel- und Knochenmasse auch Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit des Gewebes sein. Möglicherweise kommt es zu einer Zunahme von freiem Wasser, welche ebenfalls zu einer Rechtsverschiebung des Vektors führt. Der Phasenwinkel, wie oben angesprochen, wurde bereits 2005 [Wirth und Miklis 2005] als möglicher Marker für die Gesamtkörpermasse bei geriatrischen Patienten vorgeschlagen. Die Schwierigkeit beim Phasenwinkel als alleiniges Maß für die Körperzellmasse und die Körperflüssigkeiten, ist insofern nicht ausreichend, da man bei gleichem Phasenwinkelwert sowohl eu-, hyper- oder dehydriert sein kann. Eine Plausibilitätsprüfung bei Interpretation der BIA-Rohwerte (Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel) ist unabdingbar. Das BIA-Vektorgramm, welches seit 1995 von Piccoli und Mitarbeitern entwickelt wurde, scheint ein möglicher Ausweg zu sein, weil es diese drei Werte in Beziehung setzt und sie in Zuordnung zu Normalwerten interpretieren lässt. In einer Studie von 2009 verglichen Buffa und seine Kollegen den Phasenwinkel mit dem Ernährungszustand geriatrischer Patienten. Sie untersuchten 170 ältere, allein lebende Männer und Frauen mittels MNA und BIA und verglichen die Werte miteinander. Unterernährte ältere Menschen, sowohl Männer als auch Frauen, zeigten einen signifikant kleineren Phasenwinkel als normal ernährte Patienten.

Im zweiten Teil unserer Studie fand sich eine überraschend schlechte Übereinstimmung zwischen der klinischen Beurteilung und den BIA-Messungen. Dies kann verschiedene Gründe haben. Nur 15 der untersuchten Patienten (14,6%) wurden direkt von der Notfallstation in unsere Klinik eingewiesen. Die anderen Patienten befanden sich in einer subakuten Phase nach Akutschlaganfall oder nach operativer Versorgung der Frakturen. Bei dieser Gruppe kann man davon ausgehen, dass schwerere Flüssigkeitsmangelzustände bereits behoben waren. Die BIA-Messung reagiert schnell auf die Veränderungen des Flüssigkeitshaushaltes [Ritz 2001]. Das mag auch eine Begründung dafür sein, warum die BIA-Messung eher zur Anzeige einer Hyperhydratation tendierte. Kliniker verlassen sich nach wie vor auf klinische Zeichen der Flüssigkeitseinschätzung, obgleich Indikatoren der Dehydratation oder der Hypovolämie [Thomas et al. 2003] gerade bei älteren Patienten nicht sicher sind. Der Kollagenstatus von älteren Menschen ändert sich, Unterhautfettgewebe nimmt ab und führt auch bei normovolämischen Patienten zur Reduzierung des Hautturgors [Shuster et al. 1975]. Durch das Atmen durch den Mund ist die Zunge bei älteren Menschen oft trocken, die Augen können durch eine Reduktion des retroorbitalen Fettes eingesunken sein [Larrabee and Caro 1984]. Eine trockene Axilla, als eine der verlässlichsten Zeichen

einer Hypovolämie, unterstützt diese Diagnose mit einer Sensitivität von 50% und einer Spezifität von 82% bei Patienten, welche älter als 70 Jahre sind [Eaton et al. 1994]. Verlässlichere klinische Werte existieren nach bestem Wissen in der Literatur nicht. Dies weist auf eine große Unsicherheit bei der klinischen Einschätzung des Flüssigkeitshaushaltes geriatrischer Patienten hin. Auch Labortests sind zur Einschätzung einer Hypovolämie nicht verlässlich. Bei Patienten mit der klinischen Diagnose einer Dehydratation hatten 17% eine Serumosmolarität > 295 mosmol/l und 68% einen Harnstoff-Kreatinin-Quotienten im Serum > 20 , welcher ebenfalls als Hinweis für eine Hypovolämie gewertet werden kann [Thomas et al. 2003]. Die Diskrepanz zwischen klinischer Einschätzung und der Bewertung durch Zusatzmethoden zeigt wiederum die Notwendigkeit einer guten Methode zur Einschätzung des Flüssigkeitshaushaltes und des Ernährungsstatus.

In den letzten etwa 10 Jahren hat sich die BIA-Technologie weiter entwickelt. Olde Rikkert und seine Kollegen (1997) benutzten Multi-Frequenz-BIA bei 53 hospitalisierten Patienten und verglichen diese mit Deuterium- und Bromiddilutionsmethoden. Sie stellten fest, dass die seriellen Messungen die individuellen Änderungen des Flüssigkeitshaushaltes gut wiedergaben.

Hannan et al. (1994) konnten wiederum zeigen, dass die Multifrequenz-BIA keinen Vorteil gegenüber der in vorliegender Studie benutzten 50 kHz-Messung hatte. Piccoli entwickelte 1995 die Methode eines einfachen Vektorgrammes, um die gemessenen Reaktanz- und Resistanzwerte in Bezug zur Körpergröße anzuzeigen und kreierte elliptisch angeordnete Konfidenzintervalle im Sinne eines Normogrammes der Bevölkerung bis 85 Jahre, aus welchen die Körperkompartimentszusammensetzung und der Wasserhaushalt der Patienten einfach ablesbar sind. Buffa und Kollegen (2003) erweiterten die Altersabschnitte der älteren Menschen und zeigten mit zunehmendem Alter einen Verlust der fettfreien Körpermasse an.

In einem Vergleich der Einschätzung des Gesamtkörperwassers und des Extrazellulärwassers durch die BIA-Methode mit ^{18}O - und Bromdilutionsmethoden fanden Ritz und Mitarbeiter 2001 die BIA nützlich, um die Körperwasserverhältnisse bei geriatrischen Patienten einzuschätzen. In fünf Studien der letzten sieben Jahre fand die Vektoranalyse Einzug in die Einschätzung des Hydratations- und Ernährungszustandes älterer Menschen [Norman et al. 2007, Barbosa-Silva et al 2005, Wirth und Miklis 2005, Wirth et al. 2010, Santomauro et al. 2011].

Von indirekten Parametern, die eine Körperhydratation von mindestens 73% voraussetzten, sollte im Alter, gerade bei nieren- und herzinsuffizienten Patienten, abgesehen werden [Pirlich et al. 1999].

Es fand sich insbesondere bei selbstständig lebenden Frauen und im geringeren Maße bei Frauen in Alten- und Pflegeheimen eine Korrelation zwischen direkten BIA-Parametern und anthropometrischen Daten, insbesondere dem BMI, dem Gewicht und dem Wadenumfang. Bei geriatrischen Patienten gab es nur geringe Übereinstimmungen zwischen der klinischen Einschätzung und der BIA-Messung. Die möglichen Gründe wurden oben angeführt, eine definitive Erklärung kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht gegeben werden. Deshalb bedarf es weiterer Studien. Denkbar wäre eine intraindividuelle Untersuchung einzelner Patienten, eine Korrelation z.B. mit anderen indirekten Messungen wie dem Vena-cava-Durchmesser oder die Messung der Patienten mittels BIA direkt in der Notfallambulanz vor Ausgleich eines möglichen Flüssigkeitsdefizites.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Malnutrition und Dehydratation sind im Alter häufig. Eine einfache, reliable Messmethode zur Feststellung des Ernährungs- und Hydratationszustandes wäre daher sehr wünschenswert. Die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) wurde seit den 80er Jahren weiterentwickelt und stellt hierfür einen vielversprechenden Ansatz dar. Daten über ältere Personen oder geriatrische Patienten sind jedoch noch selten.

Verglichen wurden daher die Ergebnisse der BIA-Messung (Resistanz, Reaktanz, Phasenwinkel und resultierender Vektor) mit der klinischen Einschätzung bei 31 selbstständig lebenden Frauen und 30 Bewohnerinnen eines Altenheimes. Die Ergebnisse der BIA-Messung korrelierten signifikant mit dem Körpergewicht, der Handkraft und dem Wadenumfang.

Im zweiten Teil wurden die Ergebnisse der BIA-Messung mit der ärztlichen klinischen Einschätzung des Hydratationszustandes bei 103 akutgeriatrischen Krankenhauspatienten verglichen. Die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der klinischen Einschätzung und der BIA-Messung betrug nur 43,7%. Bei akut erkrankten geriatrischen Patienten erschien somit wenig Übereinstimmung zwischen klinischer Beurteilung und bioelektrischer Bestimmung des Hydratationszustandes.

Die BIA-Messung erscheint nach diesen Ergebnissen als eine gute zusätzliche Methode zur Beurteilung des Wasserhaushaltes geriatrischer Patienten im Verlauf eines stationären Aufenthaltes. Sie ersetzt jedoch nicht die ärztliche klinische Beurteilung, sowie weitere Diagnostik wie z.B. Laboruntersuchungen.

6 ANHANG

6.1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Erklärung
ADH	Antidiuretisches Hormon
ADL	Aktivitäten des täglichen Lebens
AS	Analogskala
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body-Mass-Index
d	Durchmesser
ECW	Extrazellulärwasser
EFG	ElectroFluidGraph
EKG	Elektrokardiogramm
Fa.	Firma
FM	Fettmasse
FFM	fettfreie Masse
H	Körpergröße
hcr	Handkraft rechts
I	Stromstärke
ICW	Intrazellulärwasser
l	Länge
m	Masse
MMSE	Mini-Mental State Examination
MNA	Mini Nutritional Assessment

Abkürzung	Erklärung
MW	Mittelwert
PA	Phase angle = Phasenwinkel
R	Widerstand
R/H	Resistanz dividiert durch Körpergröße
r_s	Korrelationskoeffizient
Rz	Resistanz
SGA	Subjective Global Assessment
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TBW	Total body water = Gesamtkörperwasser
U	Spannung
V	Volumen
WU	Wadenumfang
Xc	Reaktanz
Xc/H	Reaktanz dividiert durch Körpergröße
Z	Impedanz

6.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: EFG-Gerät der Firma AKERN (Florenz, Italien).....	9
Abbildung 2: Proband bei der BIA	10
Abbildung 3: Biavektor® [Piccoli et al. 1995]	12
Abbildung 4: 5-Punkt-Hydratationsskala im BIA-Normogramm.....	13
Abbildung 5: BIA-Vektor® einer 84-jährigen Patientin	19
Abbildung 6: BIA-Vektor einer 76-jährigen Patientin	19
Abbildung 7: Phasenwinkel selbstständig lebender Älterer, Heimbewohner/-innen und stationärer geriatrischer Patienten aufgetragen im BIA-Vektor®	21

6.3 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Beurteilung der Hydratation nach Nelson 1993	8
Tabelle 2: Merkmale der Probandinnen und Signifikanz der Unterschiede beider Probandinnengruppen.....	14
Tabelle 3: Korrelation zwischen anthropometrischen Daten, Testverfahren und BIA-Werten bei selbstständig lebenden älteren Frauen	15
Tabelle 4: Korrelation zwischen anthropometrischen Daten, Testverfahren und BIA-Werten bei Heimbewohnerinnen	16
Tabelle 5: Merkmale der untersuchten Krankenhauspatienten	17
Tabelle 6: Anzahl der beurteilten Patienten durch klinisches Rating und durch BIA, Kongruenz der beurteilten Patienten	18
Tabelle 7: 84-jährige Patientin, normaler Hydratationsstatus nach klinischer Einschätzung und BIA	18
Tabelle 8: 76-jährige Patientin, klinisch leicht dehydriert, in der BIA leicht hyperhydriert geschätzt	19

6.4 LITERATURVERZEICHNIS

AKERN Biosearch ©. Bioimpedanz in der klinischen Praxis: Von der konventionellen zur vektoriellen Analyse. Florenz, Italien 2007.

Aleman-Mateo H, Rush E, Esparza-Romero J, Ferriolli E, Ramirez-Zea M, Bour A, Yuchingtat G, Ndour R, Mokhtar N, Valencia ME, Schoeller DA. Prediction of fat-free mass by bioelectrical impedance analysis in older adults from developing countries: a cross-validation study using the deuterium dilution. *J Nutr Health Aging* 2010; 14: 418-426.

Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 49-52.

Bauer JM, Wirth R, Volkert D, Werner H, Sieber CC. Teilnehmer des BANSS-Symposiums 2006. Malnutrition, sarcopenia and cachexia in the elderly: from pathophysiology to treatment - conclusions of an international meeting of experts, sponsored by the BANSS foundation. *Dtsch Med Wochenschr* 2008; 133: 305-310.

Bourdel-Marchasson I, Proux S, Dehail P, Muller F, Richard-Harston S, Traissac T, Rainfray M. One-year incidence of hyperosmolar states and prognosis in a geriatric acute care unit. *Gerontology* 2004; 50: 172-176.

Buffa R, Floris G, Marini E. Migration of the bioelectrical impedance vector in healthy elderly subjects. *Nutrition* 2003; 19: 917-921.

Buffa R, Floris G, Marini E. Assessment of nutritional status in free-living elderly individuals by bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition* 2009; 25: 3-5.

Davies I, O'Neill PA, McLean KA, Catania J, Bennet D. Age-associated alterations in thirst and arginine vasopressin in response to a water or sodium load. *Age Ageing* 1995; 24: 151-159.

Dörhöfer R-P, Pirlich M. Das BIA-Kompendium. *Data Input Body Composition* 2007; 3. Ausgabe.

Eaton D, Bannister P, Mulley GP, Connolly MJ. Axillary sweating in clinical assessment of dehydration in ill elderly patients. *British Med J* 1994; 308: 1271.

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. „Mini-Mental State“ a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J psychiat Res* 1975; 12: 189-198.

Genton L, Karsegard VL, Kyle UG, Hans DB, Michel JP, Pichard C. Comparison of four bioelectrical impedance analysis formulas in healthy elderly subjects. *Gerontology* 2001; 47: 315-323.

Gross CR, Lindquist RD, Woolley AC, Granieri R, Allard K, Webster B. Clinical indicators of dehydration severity in elderly patients. *J Emerg Med* 1992; 10: 267-274.

Hannan WJ, Cowen SJ, Fearon KC, Plester CE, Falconer JS, Richardson RA. Evaluation of multi-frequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clin Sci* 1994; 86: 479-485.

Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 1969; 27: 531-534.

Hoyle GE, Chua M, Soiza RL. Volaemic assessment of the elderly hyponatraemic patient: reliability of clinical assessment and validation of bioelectrical impedance analysis. *J Assoc Physic (QJM)* 2011; 104: 35-39.

Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am College Nutr* 1992; 11, 2: 199-209.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23: 1226-1243.

Larrabee WF Jr., Caro I. The aging face. Why changes occur, how to correct them. *Postgrad Med* 1984; 76: 37-46.

Lavizzo-Mourey R, Johnson J, Stolley P. Risk factors for dehydration among elderly nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 1988; 36: 213-218.

Lukaski HC. Bioelectrical indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 397S-404S.

Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation. The Barthel Index. *Md State Med J* 1965; 14, 2: 61-65.

Mertz A, Keller F. Exsikkose und Elektrolytentgleisung. In: Nikolaus T (Hrsg). *Klinische Geriatrie*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2000; 360-365.

Mohapatra SN. Non-invasive cardiovascular monitoring by electrical impedance technique. Pitman Medical 1981.

Mohawald JM, Himmelstein DU. Hyponatremia in the elderly: relation to infection and mortality. *J Am Geriatr Soc* 1981; 29: 177-180.

Morley JE, Haren MT. Sarcopenia and Cachexia. In: Morley JE, Thomas DR (eds). *Ger Nutr*, CRC press, Boca Raton, London, New York 2007; 59 ff.

Nelson WE (ed). *Nelson's textbook of Geriatrics*. Elk Grove Village, IL. American Academy of Pediatrics 1993.

Norman K, Smoliner C, Kilbert A, Valentini L, Lochs H, Pirlich M. Disease-related malnutrition but not underweight by BMI is reflected by disturbed electric tissue properties in the bioelectrical impedance vector analysis. *Br J Nutr* 2008; 100: 590-595.

Norman K, Smoliner C, Valentini L, Lochs H, Pirlich M. Is bioelectrical impedance vector analysis of value in the elderly with malnutrition and impaired functionality? *Nutrition* 2007; 23: 564-569.

Olde Rikkert MG, Deurenberg P, Jansen RW, van't Hof MA, Hoefnagels WH. Validation of multi-frequency bioelectrical impedance analysis in detecting changes in fluid balance of geriatric patients. *J Am Geriatr Soc* 1997; 45: 1345-1351.

Phillips PA, Rolls BJ, Ledingham JG, Forsling ML, Morton JJ, Crowe MJ, Wollner L. Reduced thirst after water deprivation in healthy elderly men. *N Eng J Med* 1984; 311: 753-759.

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: 269-270.

Pirlich M, Plauth M, Lachs H. Bioelektrische Impedanzanalyse: Fehlerquellen und methodische Grenzen bei der klinischen Anwendung zur Analyse der Körperzusammensetzung. *Akt Ernähr Med* 1999; 24: 81-90.

Ritz P. Bioelectrical impedance analysis estimation of water compartments in elderly diseased patients: the source study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001; 56a, 6: M345-M348.

Roberts SB, Fuss P, Heyman MB, Evans WJ, Tsay R, Rasmussen H, Fiatarone M, Cortiella J, Dallal GE, Young VR. Control of food intake in older men. *J Am Med Assoc* 1994; 272: 1601-1606.

Santomauro F, Olimpì N, Baggiani L, Comodo N, Mantero S, Bonaccorsi G. Bioelectrical Impedance Vector Analysis and Mini Nutritional Assessment in elderly nursing home residents. *J Nutr Health Aging* 2011; 15: 163-167.

Schut A, Dascendo V, Giraud K, Chatap G, Royand F, Blonde-Cynober F, Aussel C, Vincent J-P. Is bioelectrical impedance analysis a tool at bedside, during heat waves to assist geriatricians with discriminative diagnosis of hypertonic dehydration? *J Nutr Health aging* 2005; 9: 441-445.

Schwenk A, Beisenherz A, Römer K, Kremer G, Salzberger B, Elia M. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 496-501.

Shuster S, Black MM, McVitie E. The influence of age and sex on skin thickness, skin collagen and density. *Br J Dermatol* 1975; 93: 639-643.

Smoliner C, Norman K, Scheufele R, Hartig W, Pirlich M, Lochs H. Effects of food fortification on nutritional and functional status in frail elderly nursing home residents at risk of malnutrition. *Nutrition* 2008; 24: 1139-1144.

Steen B. Body water in elderly-a review. *J Nutr Health Aging* 1997; 1: 142-145.

Thomas DR, Morley JE. Water metabolism. In: JE Morley DR, Thomas (eds.). *Ger Nutr*, CRC press, Boca Raton, London, New York 2007; pp 131ff.

Thomas DR, Tariq SH, Makhdomm S, Haddad R, Mooinuddin A. Physician misdiagnosis of dehydration in older adults. *J Am Direct Assoc* 2003; 4: 251-254.

Vaché C, Rousset P, Gachon AM, Morio B, Boulier A, Coudert J, Beaufrère B, Ritz P. Bioelectrical impedance analysis measurements of total body water and extracellular water in healthy elderly subjects. *Int J Obes* 1998; 22: 537-543.

Vellas B, Guigoz Y, Garry PJ, Nourhashemi F, Bennahum D, Lauque S, Albarede JL. The Mini Nutritional Assessment (MNA) and its use in grading the nutritional state of elderly patients. *Nutrition* 1999; 15: 116-122.

Weinberg AD, Minaker KL. Dehydration. Evaluation and management in older adults. Council on Scientific Affairs, American Medical Association. J Am Med Assoc 1995; 274: 1552-1556.

Wirth R, Miklis P. Die Bioelektrische Impedanzanalyse in der Diagnostik der Malnutrition. Z Gerontol Geriat 2005; 38: 315-321.

Wirth R, Volkert D, Rösler A, Sieber CC, Bauer JM. Bioelectric impedance phase angle is associated with hospital mortality of geriatric patients. Arch Gerontol Geriatr 2010; 51: 290-294.

6.5 CURRICULUM VITAE

Name: Franziska Borrmann, geb. Lehmann
Verheiratet mit Christian Borrmann, Arzt
1 Sohn: Felix Arthur Borrmann, geb. 22.11.2010

Adresse: Ursprungstrasse 59
3053 Münchenbuchsee
Schweiz

geboren am: 12. Januar 1983 in Dresden als Tochter von Birgit Rosemarie Lehmann, geb. Adam, Diplom-Psychologin und Bernd Rudolf Lehmann, Diplom-Ingenieur

Schulbildung: 1989-1990: Polytechnische Oberschule „Alexander Puschkin“
1990-1993: 65. Grundschule „Alexander Puschkin“
1993-2001: Gymnasium Dresden-Großschachwitz, Erwerb der allgemeinen Hochschulreife

Studium: 2002-2009: Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg, Erwerb der Approbation
Praktisches Jahr:
Innere Medizin (Albertinen-Krankenhaus Hamburg),
Chirurgie (Bürgerspital Solothurn, Schweiz),
Allgemeinmedizin (Praxis Dres. med. Cordes/Hansen, Hamburg)

Beruflicher Werdegang: 2010-2011: Assistenzärztin in der Inneren Medizin, Rehabilitation und Geriatrie (Hôpital Fribourgeois, Site de Meyriez-Morat, Schweiz)
2011-dato: Assistenzärztin auf der interdisziplinären Notfallstation (Salemspital Bern, Hirslanden-Gruppe, Schweiz)

6.6 DANKSAGUNGEN

Alleine wäre diese Arbeit nicht zu verwirklichen gewesen. Allen, die mich so tatkräftig unterstützt haben, danke ich hiermit:

- Herrn PD Dr. Alexander Rösler, dazumal leitender Oberarzt im Albertinen-Haus Hamburg, für die wunderbare Betreuung und Zusammenarbeit. Er hat mich an das wissenschaftliche Arbeiten herangeführt, hat unzählige Formalitäten erledigt, mir bei Verhandlungen weitergeholfen und mich in jedem Tiefpunkt der Arbeit wieder motiviert. Ohne ihn wäre diese Dissertation niemals möglich gewesen.
- Herrn Professor Dr. Wolfgang von Renteln-Kruse, Chefarzt im Albertinen-Haus Hamburg, für die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit nach einer sehr lehrreichen Famulatur, die Hilfe bei Klärung aller organisatorischer Angelegenheiten und die Unterstützung bei Vorträgen des Themas auf Kongressen.
- Herrn Tom Krause, Mitarbeiter im Qualitätsmanagements des Albertinen-Hauses Hamburg, der die Ummengen meiner Daten mit mir gemeinsam sortiert und statistisch ausgewertet hat.
- Dem EKG-Team des Albertinen-Hauses, ganz besonders dem damaligen Zivildienstleistenden Michael bei der Unterstützung der Durchführung der BIA-Messung.
- Dr. Michael Michaelis, Oberarzt im Albertinen-Haus Hamburg, für die klinische Beurteilung der Patienten.
- Der Firma Akern in Florenz, vor allem Dr. Tony Talluri und Frau Ines Albrecht für die Bereitstellung des EFG-Gerätes, den Beitrag zur Auswertung der Daten und die vielen hilfreichen Erläuterungen.
- Allen Probanden und Patienten, die sich freundlicherweise für alle Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben, mich mit viel Kaffee und Kuchen versorgt haben, sowie den freundlichen Pflegeheimmitarbeitern und Pflegefachkräften des Albertinen-Hauses.
- Meiner Mutter Birgit Lehmann und meinem Vater Bernd Lehmann, die immer für mich da sind.
- Meinem Mann Christian und unserem Sohn Felix Arthur, ohne die mein Leben sinnlos wäre und die mir immer Rückhalt und Geborgenheit geben.

6.7 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift:

6.8 VERÖFFENTLICHUNG