



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Vergleich zweier BIA Geräte zur Bestimmung der Körper-
zusammensetzung bei morbid Adipösen“

verfasst von

Elisabeth Sekli, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von:

Priv.-Doz. Dr. Karin Schindler

DANKSAGUNG

Ich möchte mich vielmals bei meiner Betreuerin, Frau PD. Dr. Karin Schindler bedanken, die mir diese Masterarbeit am AKH Wien ermöglicht hat und mich mit ihrem fachwissenschaftlichen Input unterstützt hat.

Ein großes Dankeschön richtet sich an Maria Luger und Carmen Klammer, die mir während meiner Masterarbeit hilfsbereit und tatkräftig zur Seite gestanden sind. Ich möchte mich auch bei Frau Dr. Renate Kruschitz bedanken, die trotz der oftmals stressigen Situation in der Ambulanz, mir immer freundlich und hilfsbereit entgegengekommen ist.

Vielen Dank auch an Harald Thommesen, der mir des Öfteren bei meiner Arbeit aus der Patsche helfen konnte. Ein großes Dankeschön gilt auch meinem lieben Onkel Luis, der mich großzügig unterstützt hat, sowohl bei meiner Masterarbeit als auch während meiner gesamten Studienzeit.

Meine Familie und meine Freunde haben mir während des gesamten Studiums immer den nötigen Rückhalt gegeben und dafür möchte ich mich ganz herzlich bedanken. Der größte Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium erst ermöglicht haben und die mich immer bestmöglich unterstützt haben. Vielen herzlichen Dank!

„ Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift. Allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.“ (Paracelsus, 1493-1541)

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit, eidesstattlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder in ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde vorgelegt oder veröffentlicht.

Wien, März 2015

Elisabeth Sekli

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde auf eine geschlechtsspezifische Unterscheidung verzichtet. Die verwendeten Personenbezeichnungen sind geschlechtsneutral zu betrachten.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	VII
FORMELVERZEICHNIS.....	XII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XIII
TABELLENVERZEICHNIS.....	XIV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XVI
1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2 LITERATURÜBERSICHT	3
2.1 Adipositas	3
2.1.1 Prävalenz	4
2.1.2 Ursachen und Einflussfaktoren	5
2.1.3 Folgen und Komorbiditäten von Adipositas	7
2.1.4 Therapie	7
2.1.4.1 Bariatrische Chirurgie	7
2.2 Körperzusammensetzung.....	9
2.2.1 Das 5 Ebenen Modell.....	10
2.2.1.1 Atomare Ebene	11
2.2.1.2 Molekulare Ebene	11
2.2.1.2.1 Zwei-Kompartiment- Modell	12
2.2.1.2.2 Drei-Kompartiment-Modell	13
2.2.1.2.3 Vier-Kompartiment- Modell	14
2.2.1.3 Zelluläre Ebene	14
2.2.1.4 Ebene der Gewebesysteme.....	15
2.2.1.5 Ebene des gesamten Körpers.....	17
2.3 Methoden zur Ermittlung der Körperzusammensetzung.....	17
2.3.1 Anthropometrie.....	17

2.3.1.1	Body- Mass- Index (BMI)	17
2.3.1.2	Bauchumfang und Taillen-Hüft-Verhältnis (Waist- Hip Ratio) ...	18
2.3.1.3	Hautfaltendickenmessung.....	19
2.3.2	Bioelektrische Impedanzanalyse.....	19
2.3.2.1	Prinzip der Messung	19
2.3.2.2	Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel	20
2.3.2.3	Ermittlung der Körperzusammensetzung.....	22
2.3.2.4	Limitationen	22
2.3.2.5	Die BIA Messung bei adipösen Personen.....	23
2.3.2.6	Bioelektrische Impedanzvektoranalyse (BIVA).....	24
2.3.3	Dual Röntgen- Absorptiometrie- Verfahren (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) (DEXA).....	26
2.3.3.1	Prinzip der Methode.....	26
2.3.3.2	Limitationen	27
2.3.4	Computertomographie	28
2.3.5	Magnetresonanztomographie.....	28
2.3.6	Total Body Electrical Conductivity (TOBEC)	29
2.3.7	Verdünnungsmethoden.....	29
2.3.8	Ganzkörperkaliummethoden	30
2.3.9	Renale Kreatininausscheidung.....	30
2.3.10	Neutronenaktivierungsanalyse	30
2.3.11	Air Displacement Plethysmography (ADP).....	31
3	MATERIAL UND METHODEN	32
3.1	Einschluss und Ausschlusskriterien.....	32
3.2	Fragestellungen	33
3.2.1	Gesamtkollektiv.....	33
3.2.2	Subgruppe 1.....	36
3.2.3	Subgruppe 2.....	37

3.2.4	Subgruppe 3.....	38
3.2.5	Subgruppe 4.....	39
3.2.6	Subgruppe 5.....	39
3.3	BIA Messung	40
3.3.1	BIA Corpus RX 4000	40
3.3.2	Seca® mBCA 515	42
3.4	Anthropometrische Messungen	44
3.5	DEXA Messung	44
3.6	Laborparameter	45
3.7	Statistik	45
3.7.1	Gepaarter T-Test.....	45
3.7.2	Einfaktorielle ANOVA	46
3.7.3	Bland- Altman Methode.....	46
4	ERGEBNISSE	47
4.1	Kollektivbeschreibung	47
4.2	Bariatrische Eingriffe im Kollektiv.....	49
4.3	Vergleich der Rohdaten von Seca® und BIAC	50
4.3.1	Vergleich der Rohdaten zwischen prä- und postoperativen Patientenmessungen.....	54
4.4	Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels Prädiktionsformeln ...	57
4.4.1	Vergleich der ermittelten FFM, FM in kg und FM in% zwischen prä- und postoperativen Patientenmessungen	60
4.5	Vergleich Körperfett ermittelt mit Seca®, BIAC und DEXA	67
4.6	Vergleich Gesamtkörpermessung und Segmentalmessung mit Seca®	73
4.7	Extrazelluläres Wasser (EZW), intrazelluläres Wasser (IZW), EZW/IZW Verhältnis.....	76

4.8	Körperzusammensetzung mit Seca®-eigener Prädiktionsformel.....	78
4.9	Vergleich Körperfettanteil ermittelt mit Seca®-eigener Prädiktionsformel und DEXA.....	79
4.10	Vergleich der Segmente Arme und Beine zwischen BIAC und Seca®	80
4.11	Körpergröße geschätzt und gemessen.....	82
5	DISKUSSION	84
5.1	R, X _c und Phasenwinkel im Vergleich BIAC und Seca®.....	84
5.2	FFM, FM und FM in % zwischen BIAC und Seca®	86
5.3	Parameter zur Beurteilung eines Therapieerfolgs in prä- und postoperativen Gruppen	87
5.4	Übereinstimmung des Körperfettanteils ermittelt mit BIAC bzw. Seca® und DEXA als Referenz.....	88
5.5	Körpersegmente und deren Widerstände ermittelt mit Seca®.....	90
5.6	EZW, IZW und EZW/IZW Verhältnis ermittelt mit Seca®.....	90
5.7	Übereinstimmung Seca®-eigene Prädiktionsformel mit DEXA.....	91
5.8	Vergleich der Körpergröße geschätzt und gemessen.....	92
5.9	Limitationen	92
6	SCHLUSSBETRACHTUNG	94
7	ZUSAMMENFASSUNG	96
8	ABSTRACT	98
9	LITERATURVERZEICHNIS	100
10	TABELLENANHANG	108
11	LEBENS LAUF	111

FORMELVERZEICHNIS

Formel 1 Körperzusammensetzung auf atomarer Ebene.....	11
Formel 2 Körperzusammensetzung auf molekularer Ebene	11
Formel 3 Körperzusammensetzung im Zwei-Kompartiment-Modell.....	12
Formel 4 Körperzusammensetzung im Drei-Kompartiment-Modell	13
Formel 5 Körperzusammensetzung im Vier-Kompartiment-Modell	14
Formel 6 Körperzusammensetzung auf zellulärer Ebene	14
Formel 7 Alternative Körperzusammensetzung auf zellulärer Ebene.....	15
Formel 8 Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme	15
Formel 9 Alternative Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme	16
Formel 10 2. Alternative Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme	16
Formel 11 Körperzusammensetzung auf Ebene des gesamten Körpers	17
Formel 12 Widerstand R	20
Formel 13 Körperzusammensetzung im Zwei-Kompartiment-Modell.....	34

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Prävalenz Adipositas weltweit	4
Abbildung 2 Prävalenz Übergewicht und Adipositas in Österreich.....	5
Abbildung 3 Modell Einflussfaktoren auf Übergewicht/Adipositas	6
Abbildung 4 Roux-en Y Gastric Bypass (B) und verstellbares Magenband (C) im Vergleich zu einem normalem Magen-Darmtrakt (A)	9
Abbildung 5 Das 5 Ebenen Modell nach Wang et al.	11
Abbildung 6 Kadavermodell und 2,3 und 4- Kompartiment-Modell	12
Abbildung 7 Zylindermodell Prinzip der BIA Methode	20
Abbildung 8 Verhältnis zwischen Resistanz(R), Reaktanz (X_c) und dem Phasenwinkel (Φ)	21
Abbildung 9 Bioimpedanz Vektoranalyse	25
Abbildung 10 Beispiel für Massenanteil der einzelnen Elemente in FFM, FM und Knochen	27
Abbildung 11 Eingebauter Index, als Teil der Seca® eigenen Prädiktionsformel	38
Abbildung 12 Körperlage und Position der Elektroden bei BIAC Messung	41
Abbildung 13 BIA Messung mit Seca®	43
Abbildung 14 Ausgeschlossene Patienten in %	47
Abbildung 15 Patientenmessungen prä- und postoperativ (%)	48
Abbildung 16 Operationsmethoden und deren Häufigkeiten(%)	50
Abbildung 17 Vergleich Resistanz Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer ...	51
Abbildung 18 Vergleich Reaktanz Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer....	52
Abbildung 19 Vergleich Phasenwinkel Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer	52
Abbildung 20 Korrelation der Resistanz gemessen mit Seca® und BIAC.....	53
Abbildung 21 Korrelation der Reaktanz gemessen mit Seca® und BIAC	53
Abbildung 22 Korrelation des Phasenwinkels gemessen mit Seca® und BIAC	54
Abbildung 23 Differenz Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel zwischen Seca® und BIAC prä-/postoperativ.....	56
Abbildung 24 Differenz FFM(kg) Seca®- BIAC gesamt, Frauen, Männer.....	57

Abbildung 25	Differenz FM(kg) Seca®- BIAC Gesamt, Frauen, Männer	58
Abbildung 26	Differenz FM(%) Seca®- BIAC Gesamt, Frauen, Männer	59
Abbildung 27	Differenz FFM(kg) Seca®-BIAC prä-/ postoperativ	62
Abbildung 28	Differenz FM (kg) Seca® - BIAC prä-/ postoperativ.....	64
Abbildung 29	Differenz FM(%) Seca®- BIAC prä-/postoperativ	67
Abbildung 30	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Segal et al.,1988 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)	70
Abbildung 31	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Lukaski und Blonchuck, 1987 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)	71
Abbildung 32	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Van Loan und Mayclin, 1987 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)	71
Abbildung 33	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Jiménez et al.,2012 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)	72
Abbildung 34	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Kyle et al.,2001 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)	72
Abbildung 35	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Segal et al.,1988 fettsspezifisch Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts).....	73
Abbildung 36	Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Gray et al., 1989 fettsspezifisch Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts).....	73
Abbildung 37	EZW und IZW der prä-und postoperativen Gruppen	77
Abbildung 38	EZW/IZW Verhältnis der prä- und postoperativen Gruppen	78
Abbildung 39	Im Vergleich %Körperfett berechnet mit Seca®-eigener Formel und DEXA	80
Abbildung 40	Einschätzung der Körpergröße in %.....	82
Abbildung 41	Einschätzung der Körpergröße in cm	83

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Klassifizierung Körperfett% Frauen	3
Tabelle 2 Klassifizierung Körperfett% Männer	3
Tabelle 3 BMI-Klassifizierung der Adipositas	18
Tabelle 4 Einschluss- und Ausschlusskriterien	32
Tabelle 5 Übersicht der Messungen im Gesamtkollektiv und in den Subgruppen	33
Tabelle 6 Prädiktionsformeln Gesamtkollektiv.....	35
Tabelle 7 Zusätzliche Prädiktionsformeln der Subgruppe 1	37
Tabelle 8 Vergleichswerte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei Frauen	41
Tabelle 9 Vergleichswerte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei Männern.....	42
Tabelle 10 95. Perzentile für die Resistanz, Reaktanz und den Phasenwinkel bei 50 kHz für Frauen	43
Tabelle 11 95. Perzentile für die Resistanz, Reaktanz und den Phasenwinkel bei 50 kHz bei Männern.....	43
Tabelle 12 Kollektivbeschreibung Frauen, Männer, Gesamt.....	48
Tabelle 13 Kollektivbeschreibung prä- und postoperativ	49
Tabelle 14 Rohdaten Seca® und BIAC bei Frauen, Männern und Gesamt	50
Tabelle 15 Rohdaten prä- und postoperativ Gesamtkollektiv	54
Tabelle 16 Rohdaten BIA prä- und postoperativ Gesamtkollektiv	55
Tabelle 17 FFM(kg) ermittelt prä- und postoperativ, Teil 1.....	60
Tabelle 18 FFM(kg) ermittelt prä- und postoperativ, Teil 2.....	61
Tabelle 19 FM (kg) prä- und postoperativ Teil 1.....	62
Tabelle 20 FM (kg) prä- und postoperativ Teil 2.....	63
Tabelle 21 FM(%) prä- und postoperativ Teil 1	65
Tabelle 22 FM(%) prä- und postoperativ Teil 2	66
Tabelle 23 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 1	67
Tabelle 24 Ermittelte Anteile des Körperfetts mit BIA und DEXA	68
Tabelle 25 Übereinstimmungsgrenzen BIA und DEXA	69

Tabelle 26 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 2 Teil 1	73
Tabelle 27 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 2 Teil 2	74
Tabelle 28 Kollektivbeschreibung prä-und postoperativ der Subgruppe 2	74
Tabelle 29 Resistanz, Reaktanz der Segmente gemessen mit Seca®	75
Tabelle 30 Resistanz der Segmente prä- und postoperativ gemessen mit Seca®	75
Tabelle 31 Reaktanz der Segmente prä- und postoperativ gemessen mit Seca®	76
Tabelle 32 EZW, IZW und EZW/IZW Verhältnis prä- und postoperativ	77
Tabelle 33 Körperzusammensetzung ermittelt mit Seca®-eigener Prädiktionsformel	78
Tabelle 34 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 3	79
Tabelle 35 Differenz und Übereinstimmungsgrenzen Körperfettanteil Seca® und DEXA	79
Tabelle 36 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 4 Teil 1	80
Tabelle 37 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 4 Teil 2	81
Tabelle 38 Resistanz und Reaktanz der Arme und Beine mit Seca® und BIAC gemessen	81
Tabelle 39 FFM(kg) ermittelt mit Seca® und BIAC für Frauen, Männer, Gesamt	108
Tabelle 40 FM(kg) ermittelt Seca® und BIAC für Frauen, Männer, Gesamt ..	109
Tabelle 41 FM% ermittelt mit Seca® und BIAC für Frauen, Männer und Gesamt	110

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

%	Prozent
μA	Mikroampere
ρ	spezifischer Widerstand
A	Querschnitt
ADP	Air Displacement Plethysmography
ANOVA	Varianzanalyse
AKH	Allgemeines Krankenhaus
BIA	bioelektrische Impedanzanalyse
BIAC	BIA Corpus RX 4000
BIVA	bioelektrische Impedanzvektoranalyse
bez.	bezüglich
BMI	Body-Mass-Index
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
cm	Centimeter
CT	Computertomographie
DEXA	Dual- Energy X-Ray Absoptiometry
d	mittlere Differenz
EASO	European Association for the Study of Obesity
et al.	et alii (und andere)
etc.	et cetera (und so weiter)
EZW	extrazelluläres Wasser
F	weiblich
FM	Fettmasse
FFM	fettfreie Masse
g/L	Gramm pro Liter
H	Körpergröße
IZW	intrazelluläres Wasser
keV	Kiloelektronenvolt
kHz	Kilohertz

kg	Kilogramm
kg/m²	Kilogramm pro Quadratmeter
L	Länge
LA	Linker Arm
LB	Linkes Bein
M	männlich
Mo.	Monate
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Stichprobenanzahl
p	Signifikanzwert
R	Resistanz
R²	Bestimmtheitsmaß
RA	Rechter Arm
RB	Rechtes Bein
s	Standardabweichung
TOBEC	Total Body Electrical Conductivity
u.a.	und andere
WHO	World Health Organisation
Wo.	Woche
X_c	Reaktanz
Z	Impedanz
z.B.	zum Beispiel

1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Adipositas stellt nicht nur in Österreich, sondern weltweit ein immer größer werdendes Gesundheitsproblem dar. Mit Adipositas sind Folgeerkrankungen wie koronare Herzerkrankungen, Bluthochdruck, Diabetes und verschiedenen Formen von Krebs assoziiert. Die Therapie ist daher ein wichtiger Schritt zur Prävention und Reduktion von Folgeerkrankungen und damit auch zur Einsparung von Gesundheitskosten.[NGUYEN und EL-SERAG, 2010]

Die konservative Therapie alleine zeigt bei morbid Adipösen häufig keinen nachhaltigen Erfolg. Durch einen bariatrischen Eingriff kann eine langfristige Gewichtsreduktion erzielt werden und damit auch eine Reduktion der Begleiterkrankungen. [ZHAO und ENCINOSA, 2007]

Die Überwachung des Gesundheitszustandes und des Therapieerfolges ist dabei unabdingbar. Die Ermittlung der Körperzusammensetzung ermöglicht die Beobachtung von Veränderungen im Laufe der Therapie und eine Einschätzung des Gesundheitsrisikos des Patienten, um beispielsweise eine Mangelernährung frühzeitig zu erkennen.[HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist eine häufig angewandte und einfache Methode zur Ermittlung der Körperzusammensetzung. Neben einer standardisierten Messung, müssen die Besonderheiten des adipösen Körpers bei der Ermittlung der Körperzusammensetzung berücksichtigt werden.[KYLE et al., 2004]

In dieser Masterarbeit wurden zwei unterschiedliche BIA Geräte miteinander verglichen, da eine möglichst akkurate Übereinstimmung der Geräte für Verlaufsbeobachtungen von Bedeutung ist.

Die *primären* Fragestellungen dieser Arbeit sind:

- Unterscheiden sich die Messergebnisse der beiden BIA Geräte voneinander?
 - Rohdaten
 - berechnete Körperzusammensetzung

Die *sekundären* Fragestellungen dieser Arbeit sind:

- Stimmen, die mittels BIA erhobenen Körperfettanteile von morbid Adipösen, mit DEXA als Referenz überein?
- Unterscheiden sich die beiden BIA Geräte in der Messung der einzelnen Körpersegmente?
- Welche Bedeutung hat die Messung der Körpergröße?

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Adipositas

Die WHO definiert Übergewicht und Adipositas als eine über das normale Maß hinausgehende oder exzessive Zunahme an Körperfett. Zur Klassifizierung wird der Body-Mass-Index (BMI) herangezogen. Als übergewichtig gilt eine Person ab einem BMI von 25 kg/m^2 , als adipös wird eine Person mit einem BMI von 30 kg/m^2 oder mehr bezeichnet [WHO, 2008]. Morbide Adipositas besteht ab einem BMI von 40 kg/m^2 . [MACDONALD, 2003]

Eine weitere Klassifizierung der Adipositas ist durch den Körperfettanteil möglich. Hier ergeben sich nach Geschlecht und Alter unterschiedliche Referenzwerte. [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Tabelle 1 Klassifizierung Körperfett% Frauen [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Frauen	Erhöhtes Risiko einer Mangelernährung	Niedrig	Durchschnitt	Hoch	Adipositas
6-17 Jahre	< 12	12-15	16-30	31-36	>36
18-34 Jahre	< 20	20	28	35	>35
35- 55 Jahre	< 25	25	30	35	>35
55+ Jahre	< 25	25	30	35	>35

Tabelle 2 Klassifizierung Körperfett% Männer [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Männer	Erhöhtes Risiko einer Mangelernährung	Niedrig	Durchschnitt	Hoch	Adipositas
6-17 Jahre	< 5	5-10	11-25	16-31	>31
18-34 Jahre	< 8	8	13	22	>22
35- 55 Jahre	< 10	10	18	25	>25
55+ Jahre	< 10	10	16	23	>23

2.1.1 Prävalenz

Die globale Prävalenz an Übergewicht betrug 2008 bei über 20- Jährigen Männern 34% und bei den über 20-Jährigen Frauen 35%. Die globale Adipositasprävalenz in dieser Altersgruppe belief sich bei 10% bei den Männern und 14% bei den Frauen, fast doppelt so hoch wie im Jahre 1980.

Betrachtet man die einzelnen WHO Regionen, so weist die WHO Region Amerika (Nord und Süd) die höchste Prävalenz an Übergewicht (62%) und Adipositas (26%) auf. In der WHO Region Europa sind 55% der Menschen übergewichtig und 22% der Menschen adipös. In allen WHO Regionen tendieren Frauen häufiger zu Adipositas als Männer. [WHO, 2008]

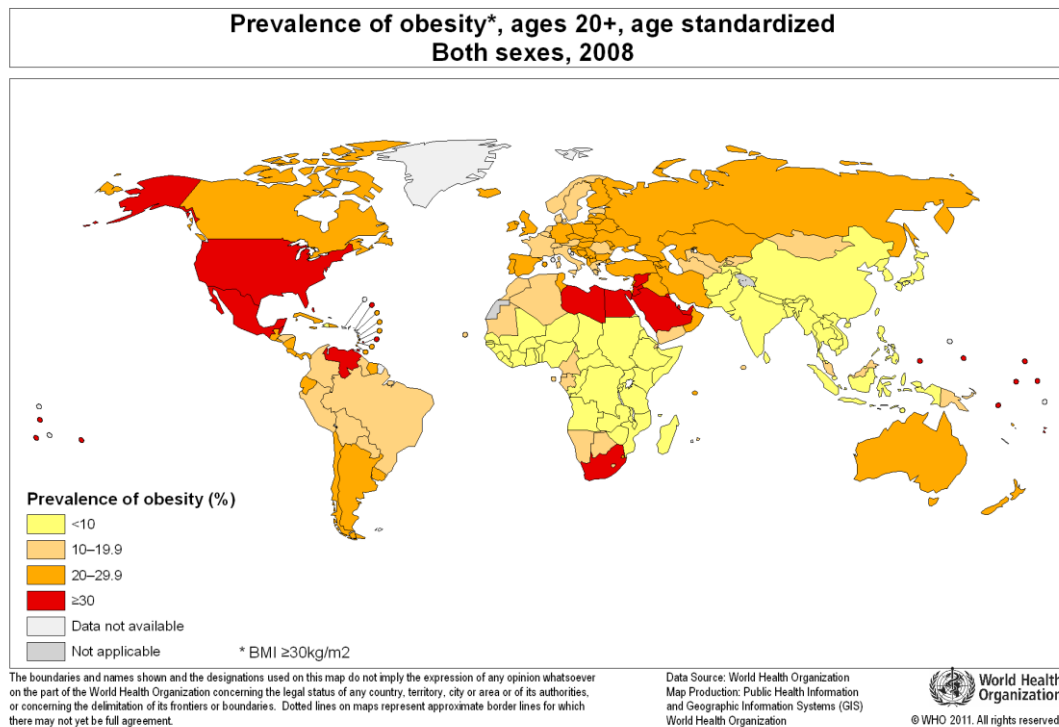


Abbildung 1 Prävalenz Adipositas weltweit [WHO, 2008]

Der Österreichische Ernährungsbericht 2012 zeigte eine Prävalenz von Übergewicht bei Erwachsenen (18-64 Jahre) von 17,9% bei Frauen und 37,4% bei Männern. Die Prävalenz der Adipositas lag bei Frauen bei 9,7% und bei Männern 14,9%. Wie bereits in den vorangegangenen österreichischen Ernährungsberichten konnte auch hier ein West-Ostgefälle des BMI verzeichnet werden.[ELMADFA et al., 2012]

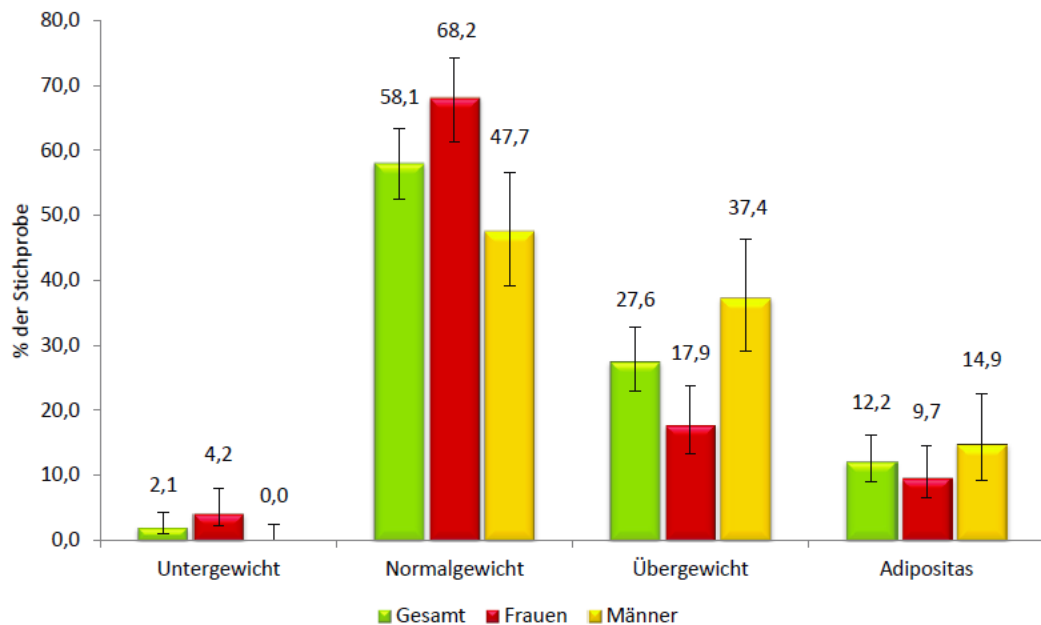


Abbildung 2 Prävalenz Übergewicht und Adipositas in Österreich [ELMADFA et al., 2012]

2.1.2 Ursachen und Einflussfaktoren

Adipositas wird durch eine langandauernde positive Energiebilanz verursacht. Das Modell der Arbeitsgruppe Gießen veranschaulicht, dass zahlreiche weitere indirekte Einflussfaktoren und deren Wechselwirkung zu einer Adipositas bzw. zu dem Ergebnis einer positiven Energiebilanz führen können. Eine positive Energiebilanz wird direkt beeinflusst von Lebensstilfaktoren, vorgeburtlichen und frühkindlichen Faktoren und biologischen Faktoren.[SCHNEIDER et al., 2009]

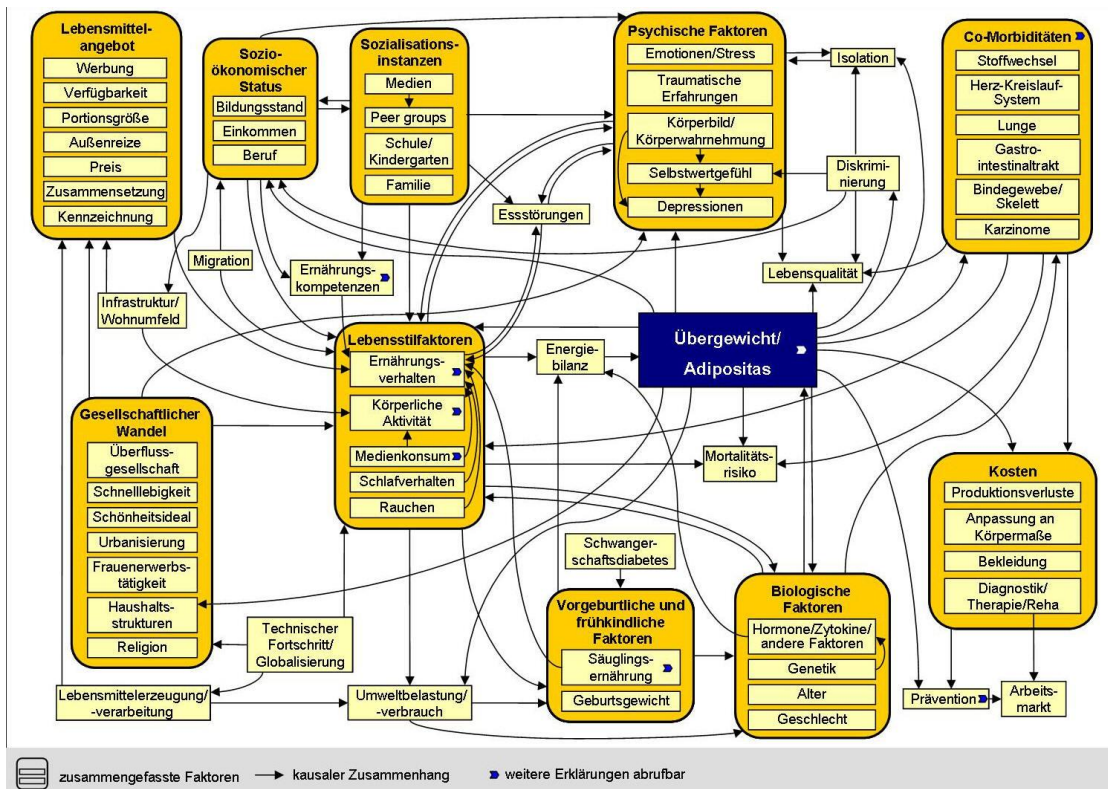


Abbildung 3 Modell Einflussfaktoren auf Übergewicht/Adipositas [SCHNEIDER et al., 2009]

Das Ernährungsverhalten ist ein maßgebender Lebensstilfaktor in der Entstehung der Adipositas. Ein hoher Konsum an energiedichten Lebensmitteln und Getränken, wie Softdrinks, spielt dabei eine ätiologische Rolle.[SWINBURN et al., 2004]

Geringe körperliche Aktivität ist ein weiterer Risikofaktor in der Entstehung der Adipositas. Ein Lebensstil mit wenig Bewegung und viel Zeit im Sitzen beispielsweise vor dem Fernseher oder Computer, sowie im Auto führt zu einem verminderten Energieverbrauch. [HAMILTON et al., 2007]

Die Entstehung von Adipositas kann auch durch Gene begünstigt bzw. verursacht werden. Zwillingsstudien sowie Adoptivstudien zeigen, dass es einen starken Zusammenhang zwischen dem BMI der Zwillinge bzw. dem BMI der adoptierten Kinder und ihren biologischen Eltern gibt.[RAMACHANDRAPPA und FAROOQI, 2011]

2.1.3 Folgen und Komorbiditäten von Adipositas

In Zusammenhang mit Adipositas können auch weitere Erkrankungen wie Hypertonie, Hyperlipidämie und Insulinresistenz auftreten, die gemeinsam als metabolisches Syndrom bezeichnet werden [JAMES *et al.*, 2004]. Weitere Begleit- und Folgeerkrankungen sind beispielsweise Schlafapnoe, Arthritis, koronare Herzerkrankungen, Diabetes Mellitus Typ 2 und bestimmte Formen von Krebs. Adipositas und deren Begleiterkrankung haben eine starke Einschränkung der Lebensqualität zur Folge und verursachen hohe Gesundheitskosten. [PI-SUNYER, 1999]

2.1.4 Therapie

Der erste Schritt in der Therapie von Übergewicht und Adipositas sollte eine Veränderung der Lebensstilgewohnheiten sein. Evidenzbasierte Empfehlungen zu Ernährung, körperlicher Bewegung und Veränderungen im Verhalten bilden dabei die Basis. Um eine Gewichtsreduktion zu erzielen, ist eine negative Energiebilanz durch eine Reduktion an Kalorien, notwendig. Körperliche Bewegung ist besonders wichtig, um das Gewicht stabil zu halten.

Sollte der Erfolg ausbleiben, kann in einem zweiten Schritt eine Therapie durch Verabreichung von Medikamenten, die eine appetithemmende Wirkung aufweisen oder die Fettaufnahme im Darm vermindern, zusätzlich eingesetzt werden. [KUSHNER, 2014]

2.1.4.1 Bariatrische Chirurgie

Aufgrund der niedrigen Erfolgsrate der konventionellen Therapie bei morbid adipösen Patienten suchen viele Betroffene eine Lösung des Problems durch die bariatrische Chirurgie [ZHAO und ENCINOSA, 2007]. 2013 wurden in Österreich 2173 bariatrische Eingriffe durchgeführt, mit Roux-en-Y- Gastric Bypass als häufigste Operationsmethode. [IFSO, 2013]

Bariatrische Eingriffe werden in restriktive, malabsorptive und Kombinationsverfahren unterteilt. Die restriktiven Verfahren sind Eingriffe, die zu einer Verkleinerung des Magens führen, z.B. durch ein verstellbares Magenband (Gastric Banding) oder durch Bildung eines Magenschlauches (Sleeve Gastrectomy). Dieses Verfahren führt zu einem schnelleren Sättigungsgefühl bzw. zu einem verminderten Hungergefühl und der Patient kann dadurch nur geringe Nahrungsmengen langsam zu sich nehmen. Bei malabsorptiven Eingriffen, wie der Bilio-pankreatischen Diversion, wird ein proximaler Teil des Magens mit einer Dünndarmschlinge verbunden. Dies führt zu einer Umleitung der Verdauungssäfte und damit zu einer verminderten Nährstoffresorption. Zu den häufigsten Verfahren zählen die Kombinationsverfahren, die restriktive und malabsorptive Techniken miteinander verbinden, wie z.B. Y-Roux Gastric Bypass und Omega Loop Gastric Bypass.[BUCHWALD und BUCHWALD, 2002]

Die bariatrische Chirurgie zeigt sich als die bisher effektivste Methode zur nachhaltigen Behandlung morbid adipöser Patienten. Eine Reduktion an überschüssigem Gewicht von etwa 50 -75% kann erzielt werden. Dennoch schaffen es nur wenige Patienten einen BMI von $\leq 25 \text{ kg/m}^2$ zu erreichen. Durch malabsorptive Operationsmethoden wird meist ein größerer Gewichtsverlust erzielt, als mit restriktiven Methoden. [NUGENT *et al.*, 2008] Besonders im ersten Jahr nach dem bariatrischen Eingriff zeigt sich bei beiden Methoden ein ausgeprägter Gewichtsverlust. Begleiterkrankungen wie Diabetes oder Hypertonie können ebenfalls signifikant verbessert werden. [SJÖSTRÖM *et al.*, 2004]

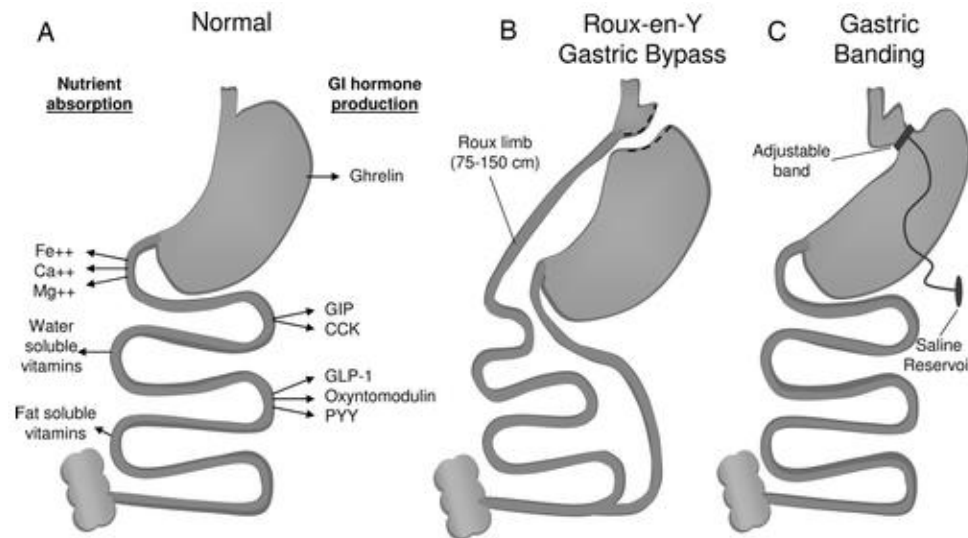


Abbildung 4 Roux-en Y Gastric Bypass (B) und verstellbares Magenband (C) im Vergleich zu einem normalem Magen-Darmtrakt (A) [SHAH *et al.*, 2006]

Besonders durch malabsorptive Eingriffe (B) kommt es häufig zu Mangelerscheinungen an verschiedenen Nährstoffen. Calcium, Eisen, Vitamin B12, Folsäure, Vitamin A und D müssen daher häufig supplementiert werden. Proteinmangelerscheinungen kommen ebenfalls häufiger bei malabsorptiven Eingriffen vor. Dumping Syndrom, verursacht durch die Aufnahme von Einfachzucker ist eine häufige Komplikation bei Roux- en Y Gastric Bypass. [SHAH *et al.*, 2006]

2.2 Körperzusammensetzung

Die Zusammensetzung des menschlichen Körpers lässt Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand zu. So ist ein hoher Körperfettanteil mit einem erhöhten Risiko verschiedener chronischer Erkrankungen wie Typ 2 Diabetes, kardiovaskulären Erkrankungen oder Krebs assoziiert. Umgekehrt kann ein geringer Fettanteil die Folge einer Mangelernährung sein. Neben der Identifizierung des individuellen Gesundheitsrisikos können auch Veränderungen der Körperzusammensetzung überwacht werden. Häufig ist bei Gewichtsreduktionsprogrammen der Fokus auf den Gewichtsverlust gelegt, anstatt Veränderungen der Körperzusammensetzung zu beobachten und somit einem ungewollten Muskelabbau entgegensteuern zu können. Die Ermittlung der Körperzusammensetzung ermöglicht

somit die Konzipierung von individuell angepassten Diät- und Bewegungsempfehlungen für den adipösen Patienten.

[HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Durch eine Gewichtsreduktion soll eine Abnahme an Fettmasse erzielt werden. Dabei kommt es auch zu einem unerwünschten Verlust an fettfreier Masse, der möglichst gering gehalten werden sollte. Besonders nach einem bariatrischen Eingriff kann es zu einem großen Verlust an fettfreier Masse kommen. Diese Abnahme an fettfreier Masse führt zu einer Verringerung des Ruhemetabolismus, wodurch der Energieverbrauch abnimmt und ein weiterer Gewichtsverlust an Fett verlangsamt wird. Durch Bewegung bzw. Sport kann der Verlust an fettfreier Masse signifikant reduziert werden. [CHASTON, DIXON und O'BRIEN, 2006]; [RACETTE et al.,1995]

2.2.1 Das 5 Ebenen Modell

Die Zusammensetzung des menschlichen Körpers kann von verschiedene Ebenen aus betrachtet werden.

Das fünf-Ebenen Modell von Wang et al. teilt den Körper in die Ebene der Atome, der Moleküle, der Zellen, der Gewebesysteme und in die Ebene des ganzen Körpers ein. Jede höhere Ebene setzt sich aus Komponenten einer niedrigeren Ebene zusammen. Beispielsweise besteht Fettgewebe aus Adipozyten auf zellulärer Ebene, aus Lipiden auf molekularer Ebene und Kohlenstoff auf atomarer Ebene. Somit reflektieren sich Veränderungen einer Komponente, wie Fettgewebe, auch in den Komponenten auf anderen Ebenen.

Die Zusammensetzung des menschlichen Körpers wird beeinflusst von Faktoren wie Wachstum, Geschlecht, Alter, ethnischer Herkunft, Schwangerschaft, Laktation, Ernährungszustand, körperlicher Aktivität und Krankheit. [WANG et al., 1992],[HEYMSFIELD et al., 1997]

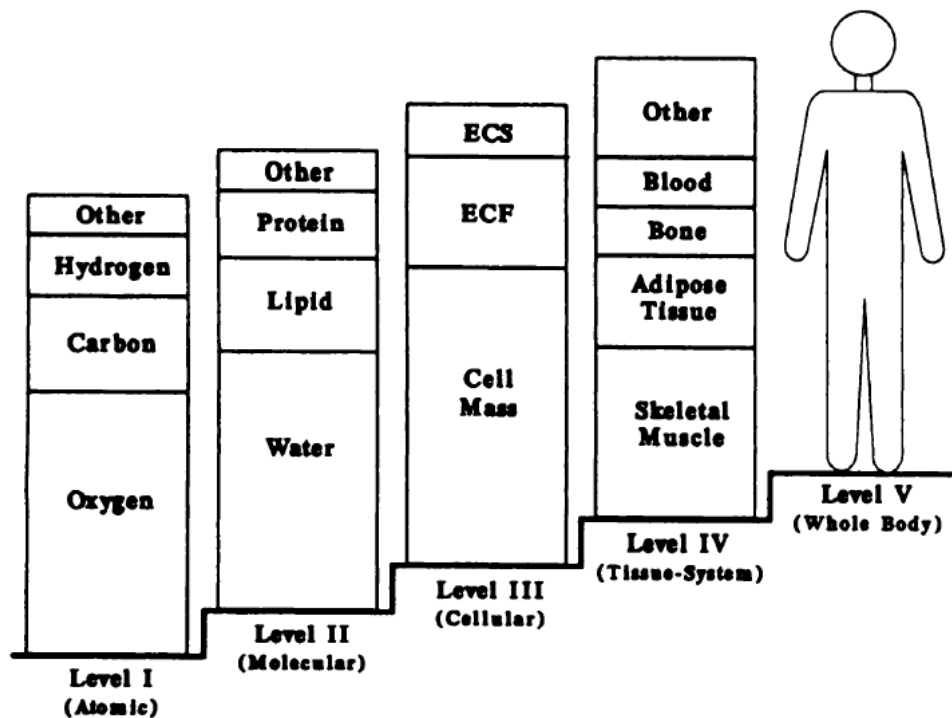


Abbildung 5 Das 5 Ebenen Modell nach Wang et al. [WANG et al., 1992]

2.2.1.1 Atomare Ebene

Die atomare Ebene bildet das Fundament des 5 Ebenen Modells. Die Gesamtkörpermasse setzt sich in dieser Ebene zu > 98% aus den Elementen Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Calcium und Phosphor zusammen.

Formel 1 Körperzusammensetzung auf atomarer Ebene [WANG et al.,1992]

$$\text{Gesamtkörpermasse} = \text{O} + \text{C} + \text{H} + \text{N} + \text{Ca} + \text{P} + \text{S} + \text{K} + \text{Na} + \text{Cl} + \text{Mg} + \text{R}$$

Die Neutronenaktivierungsanalyse liefert den Großteil an Information über die Körperzusammensetzung auf dieser Ebene. [WANG et al., 1992]

2.2.1.2 Molekulare Ebene

Die molekulare Ebene setzt sich aus den Komponenten Wasser, Fett, Protein, Mineral und Glykogen zusammen.

Formel 2 Körperzusammensetzung auf molekularer Ebene [WANG et al.,1992]

$$\text{Gesamtkörpermasse} = \text{Lipide} + \text{Wasser} + \text{Protein} + \text{Mineralstoffe} + \text{Glykogen} + \text{Rest}$$

Häufig werden auf molekularer Ebene einzelne Komponenten zu zwei- bis vier-Kompartiment Modellen zusammengefasst, um Körperzusammensetzungsmethoden zu entwickeln.

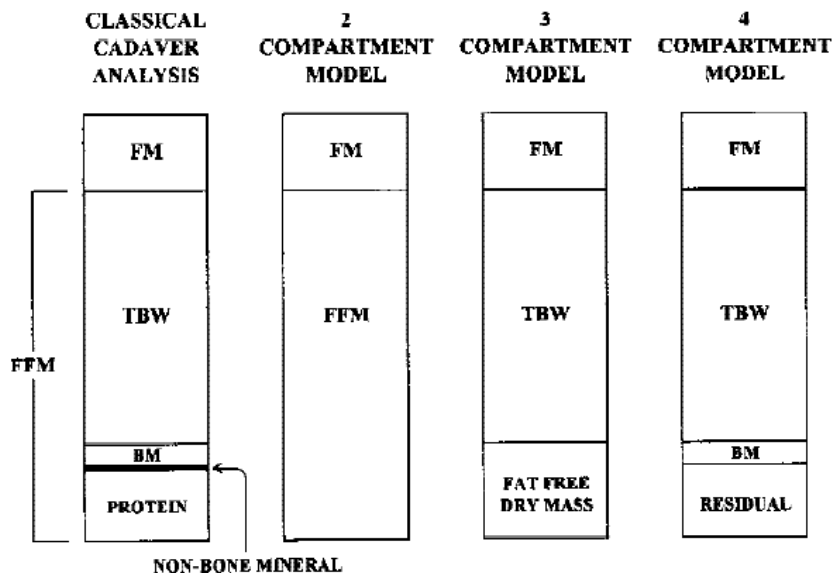


Abbildung 6 Kadavermodell und 2,3 und 4- Kompartiment-Modell
[WITHERS *et al.*, 1999]

2.2.1.2.1 Zwei-Kompartiment- Modell

Formel 3 Körperzusammensetzung im Zwei-Kompartiment-Modell [WANG *et al.*, 1992]

Gesamtkörpermasse = Fett+ fettfreie Masse Gesamtkörpermasse = Lipide + lipidfreie Körpermasse

Lipide werden definiert als chemische Substanzen, die sich in anderen lipophilen Substanzen, wie Chloroform, lösen. Fett wird oft mit Triacylglycerolen gleichgesetzt und stellt die am häufigsten vorkommende Lipidgruppe im menschlichen Körper dar. Sie fungieren als Depotfett und werden auch als nicht-essentielle Lipide bezeichnet. Zu den essentiellen Lipiden oder Nicht-Fett-Lipiden zählen Phospholipide, Sphingolipide und Steroide, die verschiedene biochemische und physiologische Funktionen im menschlichen Körper erfüllen. [HEYMSFIELD *et al.*, 1997]

Die *fettfreie Masse* besteht aus allen restlichen Komponenten wie Wasser, Protein, Glykogen, Mineralstoffen, etc. Die Magermasse wird oft mit der fettfreien Masse gleichgesetzt, jedoch zählen die essentiellen Lipide zur Magermasse, während die fettfreie Masse keine Lipide enthält. [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

2.2.1.2.2 Drei-Kompartiment-Modell

Formel 4 Körperzusammensetzung im Drei-Kompartiment-Modell [WANG et al., 1992]

$$\begin{aligned}\text{Körpergewicht} &= \text{Fett} + \text{Wasser} + \text{Rest (Glykogen/ Mineralstoffe/ Protein)} \\ \text{Körpergewicht} &= \text{Fett} + \text{Knochenmineral} + \text{Weichteilgewebe}\end{aligned}$$

Das im Körper befindliche Wasser kann in extra- und intrazelluläres Wasser unterteilt werden. Das extrazelluläre Wasser befindet sich im Bindegewebe, Interstitium, Plasma, Knochen und im Gastrointestinaltrakt [HEYMSFIELD et al., 1997]. Der Wassergehalt eines gesunden Erwachsenen beträgt ca. 60%, wovon 55% intrazellulär und 45% extrazellulär vorliegen. [WIRTH, 1997]

Als *Proteine* werden Komponenten bezeichnet, die Stickstoff enthalten, von einfachen Aminosäuren bis zu komplexen Nukleoproteinen. [WANG et al., 1992]
Kohlenhydrate werden in Form von *Glykogen* gespeichert, das sich hauptsächlich in der Leber und Skelettmuskulatur befindet. Der Körper eines gesunden Erwachsenen enthält weniger als 1 kg Glykogen. Im 4-Kompartiment-Modell wird Glykogen oft nicht einbezogen, da die Glykogenmasse, besonders durch den Verbrauch über Nacht, relativ gering ist.

Mineralstoffe tragen bei einem gesunden Erwachsenen etwa 5% zum Körpergewicht bei und werden in Knochenmineralien (z.B. Calcium Hydroxyapatit) und Weichteilmineralien (z.B. Na^+ , K^+ , Cl^-) unterteilt. [HEYMSFIELD et al., 1997]

2.2.1.2.3 Vier-Kompartiment- Modell

Formel 5 Körperzusammensetzung im Vier-Kompartiment-Modell [WANG et al.,1992]

$$\text{Körpergewicht} = \text{Fett} + \text{Wasser} + \text{Mineralstoffe} + \text{Rest (Glykogen + Protein)}$$

Direkt bestimmen lassen sich auf molekularer Ebene die Komponenten Wasser durch die Isotopenverdünnungsmethode und die Komponenten Mineralstoffe durch Dual- Röntgen- Absorptiometrie (DEXA). Die anderen Komponenten müssen indirekt anhand Messungen von den anderen vier Ebenen ermittelt werden. [HEYMSFIELD *et al.*, 1997]

Für die Ermittlung des Körperfetts können zwei unterschiedliche Herangehensweisen angewendet werden. Eine Möglichkeit besteht darin, ein Körperkompartiment direkt zu messen und anhand dessen, den Körperfettanteil zu berechnen, beispielsweise durch Hydrodensitometrie oder DEXA.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass durch bestimmte konstante Verhältnisse, auf das Körperfett geschlossen werden kann. Beispielsweise wird bei der bioelektrischen Impedanzanalyse ein konstantes Verhältnis von fettfreier Körpermasse und Gesamtkörperwasser angenommen, um auf das Körperfett schließen zu können. [ROCHE *et al.*, 1996]

2.2.1.3 Zelluläre Ebene

Die zelluläre Ebene beinhaltet Zellen, extrazelluläres Wasser und extrazelluläre Feststoffe. *Zellen* lassen sich in Bindegewebszellen, Epithelzellen, Nerven und Muskelzellen unterteilen.

Formel 6 Körperzusammensetzung auf zellulärer Ebene [WANG et al.,1992]

$$\text{Körpergewicht} = \text{Zellmasse} + \text{extrazelluläres Wasser} + \text{extrazelluläre Feststoffe}$$

Das *extrazelluläre Wasser* umgibt die Zellen und stellt ein Medium für den Gasaustausch dar, transferiert Nährstoffe und ist verantwortlich für die Ausscheidung von metabolischen Endprodukten. *Extrazelluläre Feststoffe* bestehen aus organischen (Kollagen, Reticula und elastischen Fasern) und anorganischen Komponenten (Calcium, Phosphor, Sauerstoff, Bicarbonat, Citrat, Magnesium und Natrium). Alternativ lässt sich die zelluläre Ebene auch durch folgende Zusammensetzung beschreiben:

Formel 7 Alternative Körperzusammensetzung auf zellulärer Ebene [WANG et al.,1992]

$$\text{Körpergewicht} = \text{Fettzellen} + \text{Körperzellmasse} + \text{extrazelluläres Wasser} + \text{extrazelluläre Feststoffe}$$

Fettzellen sind eine Form von Bindegewebszellen, in denen Triglyceride gespeichert werden. Die *Körperzellmasse* ist der stoffwechselaktive Teil des Körpers, zu dem auch das Protoplasma der Fettzellen zählt, nicht aber das gespeicherte Fett.

Die Quantifizierung einzelner Kompartimente auf dieser Ebene stellte sich als bisher schwierig heraus. Direkt erfasst werden kann das Volumen der extrazellulären Flüssigkeit durch Dilutionsmethoden. Indirekt lassen sich extrazelluläre Feststoffe durch die Neutronenaktivierungsanalyse ermitteln oder die Körperzellmasse durch die Gesamtkörperkalium Methode.

2.2.1.4 Ebene der Gewebesysteme

Die vierte Ebene besteht aus Systemen, die sich aus Organen zusammensetzen. Organe setzen sich wiederum aus Geweben zusammen. *Gewebe* bestehen aus Zellen der Kategorie Muskel, Bindegewebe, Epithel oder Nerven.

Formel 8 Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme [WANG et al.,1992]

$$\text{Körpergewicht} = \text{Muskelgewebe} + \text{Bindegewebe} + \text{Epithelgewebe} + \text{Nervengewebe}$$

Für die Ermittlung der Körperzusammensetzung sind auf dieser Ebene die Komponenten Muskelgewebe, Knochen und Fettgewebe von besonderem Interesse. Knochen und Fettgewebe stellen eine Form des *Bindegewebes* dar. Knochen bestehen aus Knochenzellen, die von einer Fasermatrix und einer calciumhaltigen Grundsubstanz umgeben sind. Fettgewebe besteht aus Adipozyten, Kollagen und elastischen Fasern, Fibroblasten und Kapillaren. Das Fettgewebe wird differenziert in subkutanes, viszerales, interstitielles Fettgewebe und gelbes Knochenmark. Beim *Muskelgewebe* unterscheidet man zwischen glatter Muskulatur, Skelettmuskulatur und Herzmuskulatur.

Als praktische Alternative dient folgende Körperzusammensetzung in der vierten Ebene:

Formel 9 Alternative Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme [WANG et al.,1992]

Körpergewicht= Fettgewebe+ Skelettmuskel+ Knochen +Eingeweide+ Blut+ Rest

Organe bestehen aus zwei oder mehreren zusammengefügt Geweben, wie z.B.: Haut, Nieren, Blutgefäße. Unter *System* versteht man mehrere Organe, deren Funktion miteinander verknüpft ist.

Formel 10 2. Alternative Körperzusammensetzung auf Ebene der Gewebesysteme [WANG et al., 1992]

Körpergewicht = Skelettmuskulatur + Haut + Nerven + Kreislauf + Verdauung+ Harn + Endokrin (Hormon) + Reproduktionssystem

Informationen zur Körperzusammensetzung werden auf Gewebesystemebene hauptsächlich durch Gewebsentnahmen und Kadaveruntersuchungen ermittelt. Direkt lässt sich bspw. das Volumen des subkutanen und viszeralen Fettgewebes durch CT(Computertomographie) ermitteln. Eine indirekte Messung der Skelettmuskulatur ist durch die Methoden Kreatininausscheidung im Harn, Gesamtkörperkaliumzählung oder Neutronenaktivierungsanalyse möglich.

2.2.1.5 Ebene des gesamten Körpers

Die fünfte Ebene ist auf den gesamten Körper bezogen. Diese Ebene involviert die Form, den Umfang und äußerliche und physische Charakteristika des Körpers. Diese Ebene lässt sich durch verschiedene Dimensionen beschreiben. Beispiele hierfür sind die Segmentlängen des Körpers, Körperumfänge, Hautfaltenstärke, Körpervolumen, Körpergewicht, Body- Mass- Index und die Körperdichte.

Formel 11 Körperzusammensetzung auf Ebene des gesamten Körpers [WANG et al.,1992]

Körpergewicht = Kopf+ Nacken+ Rumpf+ untere Extremitäten+ obere Extremitäten

Messungen der Körperzusammensetzung auf der Ganzkörperebene sind meist einfacher durchzuführen als auf anderen Ebenen und werden daher häufig bei großangelegten Studien eingesetzt.[WANG et al., 1992]

2.3 Methoden zur Ermittlung der Körperzusammensetzung

2.3.1 Anthropometrie

Anthropometrische Methoden dienen zur Vermessung des Körpers und seiner Kompartimente und der Ermittlung von Maßverhältnissen, wodurch eine Beurteilung des Gesundheitsrisikos ermöglicht wird. Mit Ausnahme der Hautfaltendickenmessung sind diese Messungen einfach durchzuführen, kostengünstig und benötigen kein speziell geschultes Personal. Daher eignen sich diese Methoden besonders gut für groß angelegte epidemiologische Studien, sowie für die klinische Praxis. [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

2.3.1.1 Body- Mass- Index (BMI)

Durch Messung von Größe und Gewicht kann der Body- Mass- Index (kg/m^2) ermittelt werden, wodurch eine Bewertung des Körpergewichts ermöglicht wird, sowie eine grobe Einschätzung des Gesundheitsrisikos. Der BMI lässt jedoch keine Beurteilung des Körperfettanteils oder der Muskelmasse zu. Dadurch kann

es zu einer falschen Klassifizierung bei Personen mit besonders hohem oder niedrigem Fett- oder Muskelanteil kommen. [ROMERO-CORRAL *et al.*, 2008]

Tabelle 3 BMI-Klassifizierung der Adipositas [EASO, 2004]

Klassifizierung	BMI (kg/m ²)
Untergewicht	< 18,5
Normalgewicht	18,5-24,9
Übergewicht	25-29,9
Adipositas Grad 1	30-34,9
Adipositas Grad 2	35-39,9
Adipositas Grad 3	≥40

2.3.1.2 Bauchumfang und Taillen-Hüft-Verhältnis (Waist- Hip Ratio)

Durch den BMI können auch keine Aussagen zur Fettverteilung gemacht werden. Durch Messung des Bauch-, Hüft- und Taillenumfangs kann zwischen gynoider und androider Fettverteilung unterschieden werden. Eine gynoide Fettverteilung ist gekennzeichnet durch eine vermehrte Fettansammlung an Oberschenkel und Gesäß, eine androide Fettverteilung durch eine vermehrte Fettansammlung im Bauchbereich. Frauen weisen meist eine gynoiden Fettverteilung auf, Männer tendenziell eine androide Fettverteilung. Bei adipösen Frauen und Männer treten auch beide Verteilungsmuster auf. Eine androide Fettverteilung steht in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für koronare Herzerkrankungen, Diabetes, Bluthochdruck und Hyperlipidämie.[HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]

Die Bauchumfangsmessung erfasst die abdominelle Fettmasse und ermöglicht eine Klassifizierung der abdominalen Adipositas. Diese ist definiert für Frauen bei ≥ 88 cm und für Männer bei ≥102 cm Bauchumfang.

Das Taillen-Hüft-Verhältnis setzt Hüft- und Taillenumfang in Verhältnis. Ein Verhältnis von ≥0,95 für Männer und ≥0,88 für Frauen wird als abdominelle Adipositas definiert. [ZHANG *et al.*, 2008]

2.3.1.3 Hautfaltendickenmessung

Die Hautfaltendickenmessung dient zur Ermittlung des Körperfetts, indem die Hautfalten an genau definierten Körperstellen mit einem Kaliper gemessen werden. Die Messung beruht auf der Annahme, dass die Dicke des subkutanen Fettgewebes, das etwa 50% des Gesamtkörperfetts beträgt, proportional das Gesamtkörperfett widerspiegelt. Die gemessenen Körperstellen repräsentieren dabei die durchschnittliche Dicke des subkutanen Fettgewebes. [LUKASKI, 1987]

Die Übertragbarkeit auf den gesamten Körper ist jedoch in Frage zu stellen, da die Verteilung des Körperfetts nicht konstant ist. Die Komprimierbarkeit der Haut ist ebenfalls nicht bei jedem Menschen konstant und ist eine weitere Fehlerquelle der Hautfaltendickenmessung. Ein weiterer Faktor, der die Genauigkeit der Messung beeinflusst, ist die inkonsistente Dicke der Dermis.[LUKASKI, 1987]

2.3.2 Bioelektrische Impedanzanalyse

Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist eine einfach durchzuführende und häufig angewandte Messung, mittels der sich die Körperzusammensetzung bestimmen lässt. [KUSHNER *et al.*, 1990]

2.3.2.1 Prinzip der Messung

Die BIA Messung basiert auf der Fähigkeit des menschlichen Körpers, elektrischen Strom zu leiten. Körperflüssigkeiten und Elektrolyte sind gute Leiter für den elektrischen Strom, während Fettgewebe den Strom nur gering leitet. Mit der BIA Methode wird der elektrische Widerstand gemessen, anhand dessen das Gesamtkörperwasser ermittelt werden kann. Die BIA Messung ermöglicht dadurch auch die Ermittlung der fettfreien Masse (FFM), da sich Körperflüssigkeiten und Elektrolyte fast ausschließlich in diesem Körperkompartiment befinden. [LUKASKI, 1987]

Für die Berechnung des Körperwassers wird der menschliche Körper als Zylinder betrachtet, auch wenn dieser sich nicht wie ein homogener, konstanter Leiter verhält. Der Widerstand (R) eines homogenen der Länge nach durchflossenen

Leiters hängt von der Länge des Leiters (L), des Querschnitts (A) und dem spezifischen Widerstands (ρ) ab.

Formel 12 Widerstand R

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

R = (Gesamt) widerstand (Ω)

ρ = spezifischer Widerstand ($\Omega \times \text{cm}$)

L = Länge (cm)

A = Querschnittsfläche (cm^2)

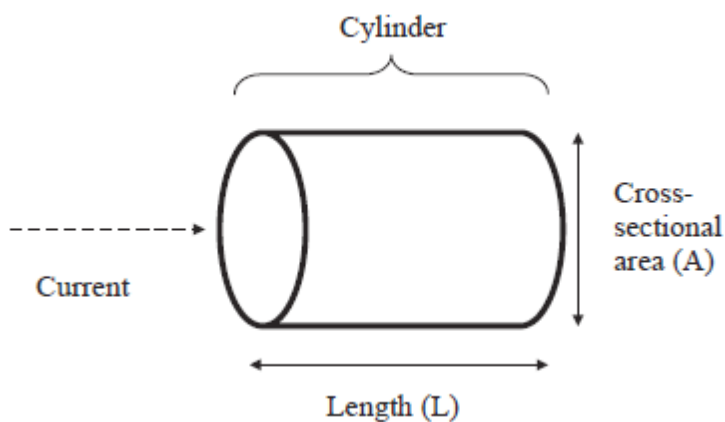


Abbildung 7 Zylindermodell Prinzip der BIA Methode [KYLE et al., 2004]

Auch für die geometrische Form des Körpers gilt dieses Prinzip, wobei die Länge des Leiters der Körpergröße entspricht. Durch den Impedanzquotienten (L^2/R) kann auf das Volumen des Wassers geschlossen werden. Dieser Quotient ergibt sich aus der Formel $R = \rho \times \frac{L}{A}$, nachdem $(\rho \times L)$ und A mit der Körpergröße multipliziert werden ($R = \frac{\rho \times L^2}{L \times A}$) und somit auf das Volumen ($V = L \times A$) geschlossen werden kann. [KYLE, 2004]

2.3.2.2 Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel

Im menschlichen Körper können frequenzabhängig zwei Arten von Widerständen gemessen werden. Der kapazitive Widerstand, Reaktanz (X_c), der durch Zellmembranen entsteht. Der zweite Widerstand, genannt Resistanz (R), resultiert

aus extra- und intrazellulären Flüssigkeiten. Die Impedanz im menschlichen Körper beschreibt die Kombination der beiden Widerstände und lässt sich durch die Formel $Z^2 = (R^2 + X_c^2)$ beschreiben. Für die Berechnung des Wasservolumens wird X_c vernachlässigt, da dieser einen wesentlich geringeren Anteil am Gesamtwiderstand aufweist. [LUKASKI, 1987]

Körperzellen verhalten sich wie Kondensatoren. Daher führt der kapazitive Widerstand (X_c) zu einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, wobei der Strom der Spannung vorausschlägt. Diese Phasenverschiebung wird zur Berechnung des Phasenwinkels herangezogen, indem Resistanz und Reaktanz in Relation zueinander gesetzt werden $[(X_c/R) \times 180^\circ/\pi]$. [BAUMGARTNER et al., 1988]

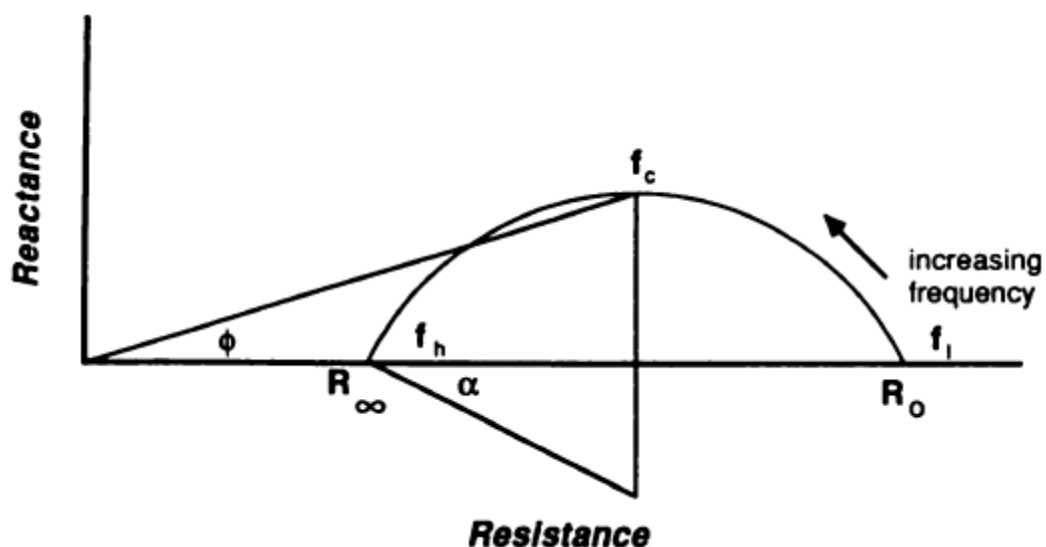


Abbildung 8 Verhältnis zwischen Resistanz(R), Reaktanz (X_c) und dem Phasenwinkel (Φ) [BAUMGARTNER et al., 1988]

Bei sehr niedrigen Frequenzen(f_1) setzt sich die Impedanz nur aus der Resistanz R_0 zusammen. Bei zunehmender Frequenz nimmt auch ab einer kritischen systemspezifischen Frequenz die Reaktanz (X_c) proportional zur Resistanz(R) zu, wodurch sich der Phasenwinkel öffnet bis ein Maximum erreicht ist. Ab diesem Maximum nimmt die Reaktanz wieder proportional ab und ab sehr hohen Frequenzen (f_h) setzt sich die Impedanz wieder nur aus der Resistanz R_∞ zusammen. [BAUMGARTNER et al., 1988]

Der Phasenwinkel wird eingesetzt zur Interpretation der Membranintegrität und der Verteilung von intra- und extrazellulärem Wasser. Des Weiteren wird er zur Ermittlung der Körperzellmasse herangezogen und gibt somit Auskunft über den Ernährungszustand. [BARBOSA-SILVA *et al.*, 2005]

2.3.2.3 Ermittlung der Körperzusammensetzung

Zur Ermittlung der fettfreien Masse (FFM), Körperfett, Gesamtkörperwasser, extrazelluläres und intrazelluläres Wasser sowie der mageren Körpermasse wurden Prädiktionsformeln in Studien anhand von Referenzmethoden validiert, wie z.B. der Densitometrie oder DEXA. Dabei wurden zum Teil auch Formeln für unterschiedliche Personengruppen entwickelt, die u.a. Größe, Alter, Geschlecht, Gewicht, ethnische Herkunft usw. berücksichtigen. [KYLE *et al.*, 2004]

Die BIA Methode kann auch für Verlaufsmessungen eingesetzt werden, um die Veränderungen der Körperzusammensetzung bspw. bei Gewichtsabnahme zu verfolgen.[KUSHNER *et al.*, 1990]

2.3.2.4 Limitationen

Die BIA Messung ist eine einfach durchzuführende, relativ kostengünstige, nicht-invasive und schnelle Methodik zur Ermittlung der Körperzusammensetzung. Dennoch weist diese Messung Limitationen auf, die bei jeder Messung berücksichtigt werden müssen. Die folgenden Faktoren sollten beachtet werden, um eine möglichst standardisierte Messung durchführen zu können. [DEGHAN und MERCHANT, 2008]

Die Messung sollte am Morgen am nüchternen Patienten durchgeführt werden. In der Literatur finden sich unterschiedliche Ergebnisse zu den Auswirkungen von Nahrungs- bzw. Getränkeaufnahme vor der Messung. Es wurden sowohl keine messbaren Unterschiede als auch eine signifikante Über- sowie Unterschätzung der FFM bzw. des Körperfettgehalts erhoben.

Des Weiteren sollte die zu messende Person während der letzten Stunden vor der Messung die Ausübung von Sport meiden. Sport kann vor allem zu einer

Überschätzung der FFM führen, da der Blutfluss im Muskel erhöht ist und somit auch die Temperatur im Muskel steigt, die wiederum zur Messung eines verringerten Widerstandes führt. Die Temperatur der Haut kann ebenfalls die Widerstandsmessung beeinflussen.[KUSHNER *et al.*, 1996]

Erkrankungen, die zu Veränderungen des Hydrierungsstatus oder der Verteilung des Körperwassers führen, beeinflussen ebenfalls die Impedanzmessung. Häufig ist dies durch Ödeme der Extremitäten der Fall, die beispielsweise bei peripherer Veneninsuffizienz auftritt. [GUGLIELMI *et al.*, 1999]

Frauen weisen eine erhöhte Variabilität bei der Widerstandsmessung auf, da sich der Hydrationsstatus während dem Zyklus verändert.[GLEICHAUF und ROE, 1989]

2.3.2.5 Die BIA Messung bei adipösen Personen

Im Vergleich zu normalgewichtigen Personen, sind bei adipösen Personen weitere Faktoren zu berücksichtigen. Bei Anwendung der Prädiktionsformeln für Normalgewichtige wird zumeist der Anteil an Körperfett bei adipösen Personen unterschätzt. Da für die Ermittlung des Körperwassers eine konstante Hydrierung der FFM von 73,2% (bei Erwachsenen) angenommen wird, können Abweichungen des Wasserhaushaltes die Messung verfälschen. Bei adipösen Personen ist der Wasseranteil in der FFM erhöht, daher wird mit den Formeln für Normalgewichtige die FFM überschätzt und der Fettanteil wird unterschätzt.

Die Geometrie des menschlichen Körpers beeinflusst ebenfalls die BIA Messung. Da die Impedanz proportional zur Körpergröße und umgekehrt proportional zum Körperdurchmesser ist, hat der Rumpf mit nur 10-20% einen relativ geringen Anteil an der Gesamtimpedanz. Besonders bei abdomineller Adipositas kann es durch einen relativ höheren Wassergehalt im Rumpf Bereich, zu einer Unterschätzung des Gesamtkörperwassers und der FFM kommen.

Adipöse Personen weisen häufig eine andere Verteilung des Körperwassers als schlanke Personen auf. Durch den erhöhten Anteil an extrazellulärem Wasser

wird bei der Verwendung herkömmlicher Formeln das Gesamtkörperwasser bzw. die FFM überschätzt, sowie der Körperfettanteil unterschätzt. Betrachtet man den Nettoeffekt von Geometrie und Hydration im adipösen Körper, so kommt es tendenziell zu einer Überschätzung der FFM bzw. einer Unterschätzung des Körperfetts.[DEURENBERG, 1996]

2.3.2.6 Bioelektrische Impedanzvektoranalyse (BIVA)

Eine alternative Auswertung der gemessenen Widerstände R und X_c ist durch die bioelektrische Impedanzvektoranalyse (BIVA) möglich, bei der keine Formel verwendet wird. Die Widerstände R und X_c werden bei dieser Analyse in einem Koordinatensystem graphisch dargestellt. Dabei werden diese in Relation zur Größe, R/H (Ω/m) und X_c/H (Ω/m) in dem Koordinatensystem aufgetragen, X_c/H auf der Ordinate und R/H auf der Abszisse. Dadurch lassen sich die gemessenen Personen in vier Kategorien einteilen, die Schlussfolgerungen bezüglich der Hydratierung und der Körperzellmasse unabhängig vom Körpergewicht ermöglichen. Des Weiteren werden die 50%, 75% und 95% Perzentile einer gesunden Referenzpopulation in Form von Toleranzellipsen in das Koordinatensystem aufgetragen. Diese Toleranzellipsen zeigen, wo der Vektor einer gesunden Referenzperson mit 50%, 75% und 95% Wahrscheinlichkeit hinfällt. Dadurch lässt sich ein gemessener Wert mit der Referenzpopulation vergleichen. Geschlecht, ethnische Herkunft, Alter und BMI beeinflussen die Lage des Vektors. Für eine unabhängige Beurteilung ist deshalb eine Betrachtung des Messwertes in den Toleranzellipsen der Referenzpopulation mit demselben Geschlecht, ethnischer Herkunft, Alter und BMI notwendig. Die Impedanzvektoren werden dazu in sogenannte Z-score-Vektoren transformiert (R/H bzw. $X_c/H - \text{Mittelwert} / \text{Standardabweichung}$), wodurch eine Beurteilung von Körperzellmasse und Hydratation unabhängig der genannten Faktoren möglich ist.

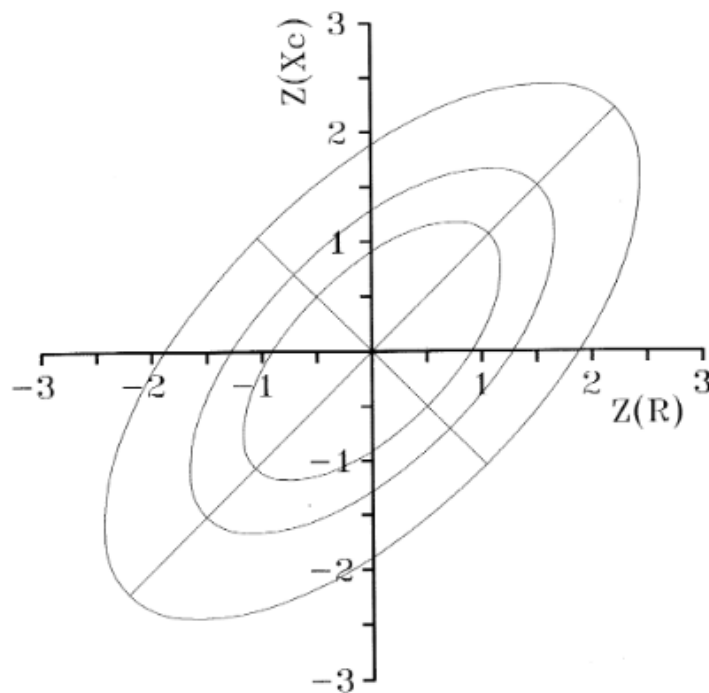


Abbildung 9 Bioimpedanz Vektoranalyse [PICCOLI *et al.*, 2002]

Abbildung 9 zeigt die grafische Darstellung der Bioimpedanzvektoranalyse. Messwerte in der linken oberen und der rechten unteren Hälfte der Ellipse zeigen eine hohen bzw. einen niedrigen Anteil der Muskelmasse am Körpergewicht. Messwerte in den Ellipsenhälften rechts oben und links unten können als Dehydrierung bzw. als Wassereinlagerung interpretiert werden.[PICCOLI *et al.*, 2002]

Die BIVA stellt besonders für die Messung adipöser Personen eine Alternative dar. Sie ermöglicht eine Differenzierung zwischen Fett und Flüssigkeitszunahme und eine Überwachung des Körperwassers während einer Gewichtsreduktion.[PICCOLI *et al.*, 1998]

2.3.3 Dual Röntgen- Absorptiometrie- Verfahren (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) (DEXA)

Anhand der Abschwächung von Röntgenstrahlen durch verschiedene Gewebe des Körpers kann die Gesamtkörperknochendichte, die Fettmasse und die fettfreie Masse ermittelt werden. Neben einer Ganzkörpermessung, sind auch regionale Messungen möglich.

2.3.3.1 Prinzip der Methode

Bei dieser Methode werden zwei Photonenstrahlen durch den Körper geleitet, die sich energetisch unterscheiden (meist - 40 und 70 keV). Durch das Körpergewebe erfahren diese Röntgenstrahlen eine Abschwächung und verlieren Energie. Durch die Abschwächung des Photonenstrahls kann der Massenschwächungskoeffizient der niedrigeren Energiestufe mit dem Massenschwächungskoeffizient der höheren Energiestufe in Verhältnis gesetzt werden. Daraus wird der sogenannte R-Wert bestimmt, der für jedes Element anders ist. Elemente mit einer niedrigen Kernladungszahl wie Wasserstoff oder Sauerstoff führen nur zu einer geringen Abschwächung, Elemente mit höheren Kernladungszahlen wie Calcium oder Phosphor führen hingegen zu einer starken Abschwächung der Photonen.

Der DEXA Scan liefert ein zweidimensionales Bild. Für jedes Pixel in diesem Bild wird ein R-Wert berechnet. Da Fettmasse und fettfreie Masse sowie Knochen eine unterschiedliche Zusammensetzung an Elementen aufweisen, kann anhand der R- Werte auf das entsprechende Gewebe geschlossen werden.

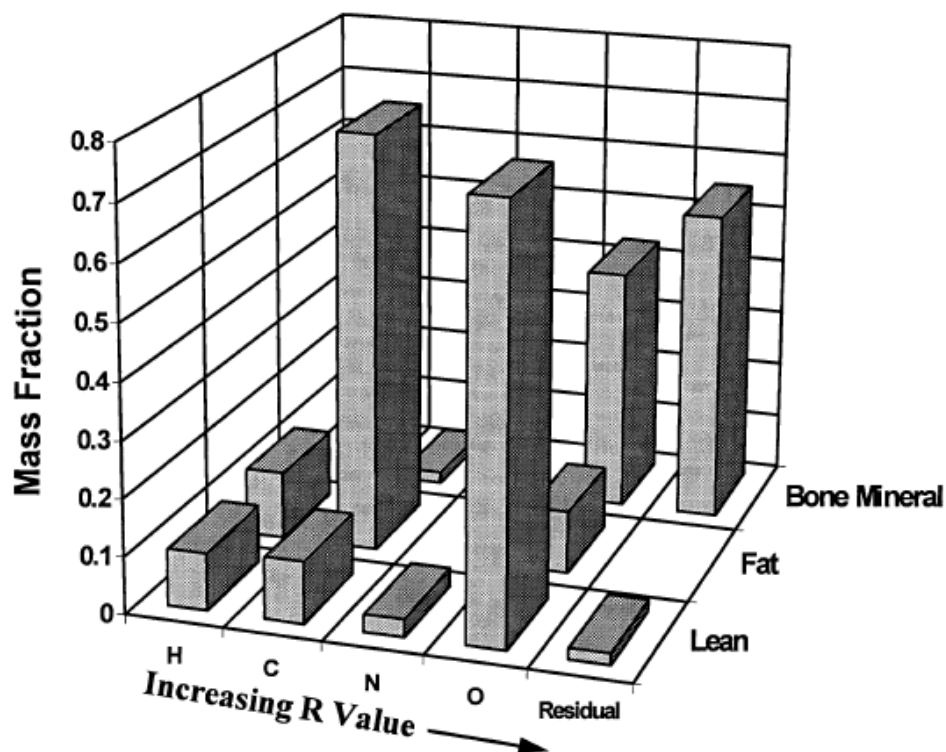


Abbildung 10 Beispiel für Massenanteil der einzelnen Elemente in FFM, FM und Knochen [HEYMSFIELD *et al.*, 1997]

DEXA wird häufig als Referenzmethode zur Ermittlung der Körperzusammensetzung eingesetzt, da die Methode sehr genau und gut reproduzierbar ist. [HEYMSFIELD *et al.*, 1997]

2.3.3.2 Limitationen

Je nach Gerät bzw. nach Gerätelege, ist die Messung für Personen bis maximal 193-197 cm Länge und 58 - 65 cm Breite und einem maximalen Gewicht von 114- 159 kg limitiert. In extremen Fällen müssen Patienten ihre Arme zu sehr an den Körper pressen, wodurch es bei der Messung zu einer Überlagerung von Geweben kommt und ein korrektes Messergebnis nicht zu erwarten ist. [BROWNBILL und ILICH, 2005]

Des Weiteren zeigt sich mit DEXA tendenziell eine Überschätzung der Fettmasse adipöser Personen. Da die DEXA Messung von einer konstanten Hydrierung der

FFM ausgeht, könnten Veränderungen des Hydrationsstatus der FFM, wie es bei adipösen Personen der Fall ist, die DEXA Messung beeinflussen. Pietrobelli et al. zeigten, dass Veränderungen des Hydrationszustandes von 1-5% zu einem Fehler in der Schätzung des Körperfettanteils von $< 1\%$ führt.[PIETROBELLI et al., 1998] Auch in weiteren Studien konnte hier kein überzeugender Zusammenhang festgestellt werden. Bei zunehmender Dicke des Gewebes zeigen sich jedoch größere Fehler bei der Ermittlung des Körperfettanteils. Dies könnte eine Überschätzung des Körperfettanteils bei adipösen Personen erklären. [LAFORGIA et al., 2009]

Die DEXA Messung ist nicht invasiv und führt nur zur einer geringen Strahlenbelastung. Die Anwendung bei Schwangeren wird dennoch nicht empfohlen.

2.3.4 Computertomographie

Die Computertomographie setzt Röntgenstrahlen ein, wodurch Gewebe und Organe bildhaft dargestellt werden können. Die Strahlenabsorption ist je nach Gewebe unterschiedlich und ermöglicht somit eine differenzierte Darstellung von weichem und hartem Gewebe und eine quantitative Erfassung von Fettgewebe und Muskulatur. Die Ermittlung der Körperzusammensetzung ist mittels CT sehr genau möglich, jedoch ist diese Methode sehr kostenintensiv und setzt den Körper einer großen Strahlenbelastung aus, weshalb diese Methode für Schwangere und Kinder nicht geeignet ist.

2.3.5 Magnetresonanztomographie

Eine weitere direkte Methode zur Ermittlung der Körperzusammensetzung ist die Magnetresonanztomographie. Das Prinzip der Methode beruht auf der Fähigkeit, dass sich Atomkerne wie Magneten verhalten können. Während der Messung wird ein Magnetfeld angelegt und zusätzlich Radiowellen ausgesendet. Diese werden von den Kernen absorbiert, welche folglich ihre Ausrichtung im magnetischen Feld ändern. Werden die Radiowellen wieder abgeschaltet, senden die Kerne ein Signal aus, das gemessen und mittels Computer als Bild dargestellt

wird. Mittels MRT ist eine Ermittlung der gesamten Fettmasse, sowie der regionalen Körperfettverteilung möglich.

Die Magnetresonanztomographie ist ebenfalls kostenintensiv, aber eine sichere Methode, da sie den Körper keiner Strahlenbelastung aussetzt. [LUKASKI, 1987]

2.3.6 Total Body Electrical Conductivity (TOBEC)

TOBEC ist eine indirekte Methode zur Ermittlung der fettfreien Masse und der Fettmasse. Die Methode basiert auf der unterschiedlichen Leitfähigkeit verschiedener Gewebe. Der Körper wird in einer Spule einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt und zusätzlich wird elektrischer Strom durch den Körper geleitet. Durch den induzierten Strom im leitenden Teil des Körpers wird die absorbierte Energie in Form von Wärme gemessen.

TOBEC ist eine einfach angewendete Methode zur Ermittlung der Körperzusammensetzung, die allerdings wie auch die BIA Messungen auf Annahmen einer konstanten Hydrierung der fettfreien Masse beruht. Hinzu kommt die teure Anschaffung des Gerätes. [LUKASKI, 1987]

2.3.7 Verdünnungsmethoden

Verdünnungsmethoden werden eingesetzt, um indirekt die fettfreie Masse bzw. die Fettmasse zu ermitteln, indem das Gesamtkörperwasser erfasst wird. Dazu wird eine bestimmte Dilutionssubstanz, wie Isotope (D_2O , ^3H_2O , $H_2^{18}O$) oral oder intravenös aufgenommen. Nach Verteilung im Körper erfolgt die Sammlung von Körperflüssigkeiten wie Speichel, Harn oder Blut, in denen die Konzentration der Dilutionssubstanz gemessen wird. Nach Berechnung des Verteilungsvolumens des Isotops kann auf das Gesamtkörperwasser geschlossen werden. Mit dieser Methode lassen sich auch extrazelluläres und intrazelluläres Wasser differenziert ermitteln.

Verdünnungsmethoden sind sehr genau, jedoch aufwendig und teuer. [LUKASKI, 1987]

2.3.8 Ganzkörperkaliummethoden

Diese Methode dient zur Ermittlung der fettfreien Körpermasse. Das natürlich im Körper vorkommende ^{40}K Isotop wird im Ganzkörperzähler gemessen. Durch die Annahme, dass die fettfreie Masse eine konstante Kaliumkonzentration aufweist, kann die fettfreie Masse berechnet werden. Des Weiteren wird die Methode als Marker für die Körperzellmasse verwendet [ELLIS, 2000]. Diese Methode ist sehr genau, jedoch teuer und mit einem hohen Zeitaufwand verbunden, da die zu untersuchende Person 40 Minuten im Ganzkörperzähler liegen muss. [LUKASKI, 1987]

2.3.9 Renale Kreatininausscheidung

Kreatin wird im Körper nichtenzymatisch zu Kreatinin umgewandelt und über die Nieren ausgeschieden. Anhand der Kreatininkonzentration im Harn wird auf die fettfreie Masse und die Muskelmasse geschlossen, unter der Annahme dass die Kreatininkonzentration proportional zu der Kreatinkonzentration der Skelettmuskulatur ist.

Der Nachteil dieser Methode liegt in der großen Variabilität der täglichen Kreatininausscheidung über den Urin, die u.a. von der Ernährung beeinflusst wird. Auch die zeitlich festgelegte Sammlung des 24-Stunden Harns ist großen Schwankungen unterlegen, wenn diese Zeit nicht genau eingehalten wird. [FORBES und BRUINING, 1976]

2.3.10 Neutronenaktivierungsanalyse

Mit dieser Methode ist eine direkte Ermittlung der Körperzusammensetzung möglich. Der Körper wird mit Neutronen bestrahlt, wodurch es zu Wechselwirkungen mit den Atomkernen der Elemente kommt. Deren emittierte Strahlung wird erfasst und ermöglicht die Bestimmung der Elemente.

Diese Methode ist sehr genau, aber mit hohem Aufwand und Kosten verbunden. Zudem wird der Körper, wenn auch nur in geringer Dosis, radioaktiver Strahlung ausgesetzt.[ELLIS, 2000]

2.3.11 Air Displacement Plethysmography (ADP)

Diese Methode wird zur Ermittlung der fettfreien Masse und Fettmasse des Körpers eingesetzt. Die zu messende Person setzt sich dabei in das Messgerät, das aus zwei Kammern besteht. Es kommt zu Volumenänderungen, die vom Gerät in Form von Druckänderungen gemessen werden. Durch den erfassten Druck kann dann auf das Volumen des Körpers geschlossen werden. Nach Berechnung der Dichte lassen sich in weiterer Folge Fettmasse und fettfreie Masse ermitteln.

Die ADP ist eine genaue, nicht invasive Methode, die sich auch für Kinder und ältere Personen eignet. Das Gerät ist jedoch teuer und empfindlich gegenüber Luftdruck und Temperaturveränderungen von außen. [DEMPSTER und AITKENS, 1995]

Die Hydrodensitometrie beruht auf dem gleichen Prinzip wie ADP. Hier wird ebenfalls anhand von Volumenänderungen im Wasser das Körpervolumen ermittelt. Die Methode ist allerdings sehr aufwendig und für bestimmte Personengruppen wie Kinder und ältere Personen nicht geeignet. [DEWIT, 2000]

3 MATERIAL UND METHODEN

Das Kollektiv für diese Masterarbeit umfasst Patienten, die die Ambulanz für Endokrinologie und Stoffwechsel am AKH Wien aufsuchten, aufgrund eines geplanten bariatrischen Eingriffes (Prä) oder zur Kontrolle nach eines bereits durchgeführten bariatrischen Eingriffes (Post). Im Rahmen dieses Ambulanzaufenthaltes wurde den Patienten Blut abgenommen, eine bioelektrische Impedanzmessung (BIA) mit Seca® und BIA Corpus (BIAC) durchgeführt, sowie Größe, Gewicht und Bauchumfang erhoben.

3.1 Einschluss und Ausschlusskriterien

Tabelle 4 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
• Morbide Adipositas (präoperativ) • Bariatrischer Eingriff durchgeführt (postoperativ)	• Elektronische Implantate wie Herzschrittmacher und angeschlossene elektronische Geräte wie portables EKG, künstliches Herz,... • Aktive Prothesen [SECA,2012] • Metallteile im Körper bspw. durch Prothesen[KYLE, <i>et al.</i>, 2004] • Schwangerschaft • Ödeme [BUCHHOLZ <i>et al.</i>, 2004] • Für DEXA Messung: Gewicht > 140kg

Den Patienten wurde postoperativ eine Kontrolluntersuchung alle 6 Monate empfohlen. Zusätzlich wurden im Rahmen einer Studie Patienten auch nach 4 Wochen bzw. 2, 3 und 5 Monaten postoperativ kontrolliert. Diese Patienten wurden ebenfalls in diese Masterarbeit eingeschlossen.

3.2 Fragestellungen

Nicht alle Fragestellungen dieser Arbeit wurden in dem Gesamtkollektiv erhoben, sondern zum Teil in Subgruppen des Gesamtkollektivs. Zur besseren Übersicht werden Fragestellungen und erhobene Parameter im Gesamtkollektiv bzw. in der jeweiligen Subgruppe vorgestellt. Im Anschluss wird die Durchführung der einzelnen Messmethoden beschrieben.

Tabelle 5 Übersicht der Messungen im Gesamtkollektiv und in den Subgruppen

	Gesamt- kollektiv	Sub- gruppe 1	Sub- gruppe 2	Sub- gruppe 3	Sub- gruppe 4	Sub- gruppe 5
4-polar BIAC	X	X				
8-polar Seca®	X	X				
DEXA		X		X		
Segmental Seca®			X	X	X	
8-polar BIAC					X	
Multifrequenz Seca®			X			
Körpergröße geschätzt+ gemessen						X

3.2.1 Gesamtkollektiv

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Unterscheiden sich die beiden BIA Geräte hinsichtlich der gemessenen Rohdaten voneinander?

- Unterschiede zwischen Frauen und Männern
- Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Gruppen

Erhobene Parameter: Resistanz(R), Reaktanz (X_c) und Phasenwinkel Φ mit Seca® und BIAc

Als zusätzliche Parameter wurden Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Bauchumfang, Proteinstatus und Albuminstatus erhoben und in den prä- und postoperativen Gruppen verglichen. Dadurch soll eine Abschätzung des Therapieerfolgs ermöglicht werden.

Bei jeder Patientenmessung wurde einmal mit Seca® und einmal mit BIAc gemessen. Dabei wurden auf Gesamtkörperebene bei 50kHz die Widerstände R, X_c und der Phasenwinkel Φ erhoben.

Unterscheiden sich die beiden BIA Geräte hinsichtlich der berechneten Körperzusammensetzung voneinander?

- Unterschiede zwischen Frauen und Männern
- Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Gruppen

Erhobene Parameter: FFM (kg), FM (kg) und FM (%)

Basierend auf den Messungen von Seca® und BIAc, wurde mittels Prädiktionsformeln die fettfreie Masse (FFM) in kg ermittelt und in weiterer Folge die Körperzusammensetzung, im Zwei-Kompartiment- Modell, berechnet.

Formel 13 Körperzusammensetzung im Zwei-Kompartiment-Modell [WANG et al.,]

$\text{Körpermasse (kg)} = \text{FFM} + \text{FM}$
--

$$\text{Fettmasse (kg)} = \text{Körpermasse(kg)} - \text{FFM(kg)}$$

$$\text{Fettmasse (\%)} = \text{FM(kg)} \times 100 / \text{Körpermasse (kg)}$$

Die Prädiktionsformeln von Segal et al., Lukaski und Bolonchuk, Van Loan und Mayclin sowie Gray et al. wurden gewählt, da es sich hier um generalisierte Formeln handelt. [Stolarczyk et al., 1997] Die Prädiktionsformel von Jiménez et al. wurde ebenfalls verwendet, da diese speziell für morbid adipöse Personen entwickelt und validiert wurde.[JIMÉNEZ et al., 2012]

Tabelle 6 Prädiktionsformeln Gesamtkollektiv

Autor	Prädiktionsformel FFM (kg)
[SEGAL <i>et al.</i> , 1988]	Frauen: $0,00108 * (H \text{ in cm}^2) - 0,02090 * (R) + 0,23199 * (KG) - 0,06777 * (\text{Alter}) + 14,59453$ Männer: $0,00132 * (H \text{ in cm}^2) - 0,04394 * (R) + 0,30520 * (KG) - 0,16760 * (\text{Alter}) + 22,66827$
[LUKASKI und BO-LONCHUK, 1987]	$0,734 * (H \text{ in cm}^2 / R) + 0,096 * (X_c) + 0,116 * (KG) + 0,878 * (\text{Geschlecht } M=1; F=0) - 4,03$
[VAN LOAN und MAYCLIN, 1987]	$0,000085 * (H \text{ in cm}^2) + 0,3736 * (KG) - 0,02375 * (R) - 0,1531 * (\text{Alter}) - 4,291 * (\text{Geschlecht } M=0; F=1) + 17,7868$
[JIMÉNEZ <i>et al.</i> , 2012]	$18,240 - (4,395 * \text{Geschlecht } M=1; F=2) + (0,137 * KG) + (5865,274 * H \text{ in m}^2 / Z \text{ in } \Omega)$
[KYLE <i>et al.</i> , 2001]	$-4.104 + (0.518 * H \text{ in cm}^2 / R) + (0.231 * KG) + (0.130 * X_c) + (4.229 * \text{Geschlecht}; M = 1, F = 0)$
[GRAY <i>et al.</i> , 1989]	Frauen: $0,00151 (H \text{ in cm}^2) - 0,0344 * (R) + 0,140 * (KG) - 0,158 * (\text{Alter}) + 20,387$ Männer: $0,00139 * (H \text{ in cm}^2) - 0,0801 * (R) + 0,187 * (KG) + 39,830$

KG =Körpergewicht; H= Körpergröße; Z= Impedanz; R= Resistanz; X_c= Reaktanz; M=männlich; F= weiblich

Zur einfacheren Lesbarkeit, wird im nachfolgenden Text nur der Erstautor+ *et.al.*, der jeweiligen Prädiktionsformel genannt.

3.2.2 Subgruppe 1

In dieser Subgruppe wurde zusätzlich zur Messung mit den beiden BIA Geräten eine DEXA Messung, als Referenzmessung, durchgeführt. Es handelt sich hierbei um präoperative morbid adipöse Patienten.

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Stimmen die mit BIA erhobenen Körperfettanteile morbid adipöser Patienten mit DEXA als Referenz überein?

Erhobene Parameter: Körperfettanteil mit DEXA, Körperfettanteile berechnet aus Seca® und BIAC Rohdaten, Bauchumfang, Gewicht, Größe, BMI, Proteinstatus, Albuminstatus

Da durch die DEXA Messung der Körperfettgehalt in % bekannt war, wurden für den Vergleich in dieser Subgruppe zwei zusätzliche fettspezifische Formeln für die Berechnung der FFM aus den Rohdaten von Seca® und BIAC angewendet. Segal et al. haben hier eine Formel für Frauen mit mehr als 30% Körperfett und Männern mit mehr als 20% Körperfett entwickelt. Ebenso haben Gray et al. für Frauen mit einem Körperfettanteil größer als 48% eine eigene Formel entwickelt. Diese Formeln erfordern somit eine a priori Klassifizierung und damit die Kenntnis über den Fettanteil vor der Berechnung. Liegt bereits ein ermittelter Körperfettanteil durch eine Referenzmessung vor, wie dies bei diesen 20 Patienten der Fall ist, kann dieser herangezogen werden, anderenfalls muss eine subjektive Abschätzung erfolgen. Bei Patienten, die nicht eindeutig klassifiziert werden können, schlagen Segal et al. eine Berechnung des Körperfettanteils mittels Hautfaltendickenmessung vor. [STOLARCZYK et al., 1997]

Tabelle 7 Zusätzliche Prädiktionsformeln der Subgruppe 1

Autor	Prädiktionsformel FFM (kg)
[SEGAL <i>et al.</i> ,1988]	Frauen (> 30% Körperfett) $0,00091186 \cdot (H \text{ in cm}^2) - 0,01466 \cdot (R) + 0,29990 \cdot (KG) - 0,07012 \cdot (\text{Alter}) + 9,37938$ Männer (> 20% Körperfett) $0,00088580 \cdot (H \text{ in cm}^2) - 0,02999 \cdot (R) + 0,42688 \cdot (KG) - 0,07002 \cdot (\text{Alter}) + 14,52435$
[GRAY <i>et al.</i> , 1989]	Frauen: $0,00151 \cdot (H \text{ in cm}^2) - 0,0344 \cdot (R) + 0,140 \cdot (KG) - 0,158 \cdot (\text{Alter}) + 20,387$ (≥ 48% Körperfett) $0,000985 \cdot (H \text{ in cm}^2) - 0,0387 \cdot (R) + 0,158 \cdot (KG) - 0,124 \cdot (\text{Alter}) + 29,612$ Männer: $0,00139 \cdot (H \text{ in cm}^2) - 0,0801 \cdot (R) + 0,187 \cdot (KG) + 39,830$

H = Körpergröße, KG = Körpergewicht, R= Resistanz

3.2.3 Subgruppe 2

In dieser Subgruppe wurden zusätzliche Messergebnisse von Seca® untersucht.

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Welchen Anteil haben die einzelnen Segmente an der Gesamtkörperimpedanz?

-Unterschiede zwischen prä- und postoperative Gruppen

Erhobene Parameter: Resistanz (R), Reaktanz (X_c) (Arme, Beine, Rumpf, Gesamt) mit Seca® gemessen

Unterscheiden sich extrazelluläres Wasser (EZW), intrazelluläres Wasser (IZW) und EZW/IZW Verhältnis prä- und postoperativ?

Erhobene Parameter: EZW, IZW, EZW/IZW Verhältnis

Mit dem Seca®- Gerät sind auch Multifrequenzmessungen möglich, wodurch extrazelluläres Wasser und Gesamtkörperwasser getrennt erfasst werden können und daraus das intrazelluläre Wasser berechnet werden kann. Bei adipösen Personen wurden neben einem erhöhten EZW auch ein erhöhtes EZW/IZW Verhältnis beobachtet [LICHTENBELT und FOGELHOLM, 1999]. Daher wurde auch das EZW/IZW Verhältnis berechnet und zwischen prä- und postoperativen Gruppen verglichen.

Wie sieht die Körperzusammensetzung ermittelt mit Seca® eigener Prädiktionsformel aus?

Erhobene Parameter: FFM (kg), FM (kg), FM %

In dieser Subgruppe liegt auch der Körperfettanteil, berechnet durch eine firmeneigene Prädiktionsformel, vor. Die fettfreie Masse wurde mit einem Index für die Resistanz und Reaktanz, sowie unter Berücksichtigung der Faktoren Gewicht, Alter und Geschlecht ermittelt. Die genaue Formel für die FFM in kg ist jedoch nicht öffentlich zugänglich und Eigentum der Firma Seca®. [BOSY-WESTPHAL et al., 2013]

Index R_{50} trunk/extremities

$$= \frac{R_{50 \text{ kHz trunk}}}{(R_{50 \text{ kHz mean}_{\text{arms}} + R_{50 \text{ kHz mean}_{\text{legs}}}) / 2}$$

Index Xc_{50} trunk/extremities

$$= \frac{Xc_{50 \text{ kHz trunk}}}{(Xc_{50 \text{ kHz mean}_{\text{arms}} + Xc_{50 \text{ kHz mean}_{\text{legs}}}) / 2}$$

Abbildung 11 Eingebauter Index, als Teil der Seca® eigenen Prädiktionsformel [BOSY-WESTPHAL et al.,2013]

3.2.4 Subgruppe 3

Bei dieser Subgruppe handelt es sich um präoperative, morbid adipöse Patienten, bei denen zusätzlich zu den Seca® -Messergebnissen auch der Körperfettanteil berechnet mit Seca®-firmeneigener Formel und eine DEXA Messung vorliegt.

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Stimmen, die mit Seca® eigener Prädiktionsformel berechneten Körperfettanteile mit DEXA als Referenzmessung bei morbid adipösen Patienten überein?

Erhobene Parameter: FM % mit DEXA, FM % mit Seca® firmeneigener Prädiktionsformel

3.2.5 Subgruppe 4

In dieser Subgruppe (postoperativ) wurden Segmentalmessungen mit dem BIAC durchgeführt, um diese mit den Seca® Segmentalmessungen zu vergleichen. Dadurch soll eine differenziertere Betrachtung der ermittelten Widerstände ermöglicht werden.

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Unterscheiden sich Seca® und BIAC in der Messung der Körpersegmente?

Erhobene Parameter: Resistanz (R), Reaktanz (X_c) der Arme und Beine mit Seca® und BIAC, Oberarmumfang rechts und links in cm, Oberschenkelumfang rechts und links in cm

3.2.6 Subgruppe 5

Diese Subgruppe von 148 Patienten besteht aus Patienten des Gesamtkollektivs zuzüglich davon ausgeschlossene Patienten, da in dieser Subgruppe nur die Körpergröße von Interesse war.

In diesem Kollektiv wurden folgende Fragestellungen und Parameter erhoben:

Wie gut schätzen Patienten ihre Größe ein?

148 Patienten (107 Frauen/ 41 Männer) wurden gefragt, wie groß sie sich einschätzen. Anschließend wurde ihre Größe am Wandstadiometer gemessen.

Erhobene Parameter: Größe in cm, geschätzt und gemessen

3.3 BIA Messung

Für diese Masterarbeit wurde am Besuchstag pro Patient eine BIA Messung mit dem BIACORPUS RX 4000 (BIAC) und eine BIA Messung mit dem Seca® mBCA 515 durchgeführt. Alle BIA Messungen wurden von einer Person durchgeführt, um möglichst standardisierte Ergebnisse zu erhalten. Die Patienten wurden vor den beiden BIA Messungen gebeten, Schuhe und gegebenenfalls Socken auszuziehen und metallischen Schmuck abzulegen. Das Prinzip der Messung wird unter 2.3.2.1 beschrieben.

3.3.1 BIA Corpus RX 4000

Die Messung mit dem BIACORPUS RX 4000 (BIAC) wurde an am Rücken liegenden Patienten durchgeführt. Die Arme wurden neben dem Körper platziert, so dass kein Kontakt zum Rumpf besteht. Die Beine sollten leicht abgespreizt voneinander liegen, sodass diese sich nicht berühren. [ROCHE *et al.*, 1996]

Die Hände und Füße wurden mit einer alkoholischen Lösung desinfiziert und jeweils zwei Elektroden an der Rückseite der Hände und an den Fußrücken im Abstand von mindestens 5 cm angebracht. Die (schwarzen) sensiblen Messelektroden wurden an der dorsalen Seite des Handgelenks zwischen Ulna- und Radiuskopf und der dorsalen Seite des Fußgelenks zwischen dem medialen und dem lateralen Knöchel fixiert. Die (roten) Impuls- Eingabeelektroden wurden mindestens 5 cm über der sensiblen Messelektroden fixiert. Die Eingabeelektroden leiteten Strom mit 800 μ A und einer Frequenz von 50 kHz in den Körper. Die Messelektroden ermittelten den Spannungsabfall. [LUKASKI *et al.*, 1986]



Abbildung 12 Körperlage und Position der Elektroden bei BIA-Messung [MEDICAL HEALTH CARE]

Die Messungen wurden immer auf der rechten Körperseite (tetrapolar) durchgeführt [SEGAL *et al.*, 1988]. Bei 20 Patienten (Subgruppe 4) wurden Messungen an der rechten und linken Körperseite (acht polar) durchgeführt. Für die BIA-Messung mit BIA-C wurde ein Variationskoeffizient von 0,86% für die Ermittlung der Resistanz und ein Variationskoeffizient von 1,24% für die Reaktanz ermittelt.

Tabelle 8 Vergleichswerte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei Frauen [Das BIA Kompendium, 2005]

BMI kg/m ²	Resistanz (Ω)	Reaktanz (Ω)	Phasenwinkel (°)
19-24,9	532-688	53-74	5,1-6,8
25- 29,9	489-639	40-70	5,2-6,9
30-34,9	460-595	46-66	5,2-6,9
35-39,9	425-556	42-61	5,1-6,9
40-44,9	395-521	38-57	5,1-6,9
45-49,9	371-493	35-54	5,0-6,9
50- 54,9	345-465	32-50	4,9-6,8

Tabelle 9 Vergleichswerte für Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel bei Männern [Das BIA Kompendium, 2005]

BMI kg/m²	Resistanz (Ω)	Reaktanz (Ω)	Phasenwinkel (°)
19-24,9	445-579	48-69	5,6-7,5
25- 29,9	413-534	46-65	5,7-7,6
30-34,9	383-496	42-60	5,7-7,6
35-39,9	354-466	38-56	5,5-7,6
40-44,9	328-439	34-52	5,4-7,4
45-49,9	303-416	31-49	5,2-7,3
50- 54,9	284-421	27-45	5,0-7,0

3.3.2 Seca® mBCA 515

Die BIA Messung mit Seca® mBCA 515 wurde am stehenden Patienten durchgeführt. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Patient barfuß auf die insgesamt vier Elektroden steigt und jede Hand ordnungsgemäß auf die beiden dazu vorgesehenen Elektroden platziert wurde. Im ersten Schritt wurde das Körpergewicht ermittelt und im Anschluss eine BIA Messung durchgeführt, bei der ein Wechselstrom bei 100 μ A und einer Frequenz von 5, 10, 20 und 50 kHz durch den Körper geleitet wurde. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Patient während der Messung ruhig stehen bleibt. Die Messung dauert 20 Sekunden. [SECA, 2012]. Für die Seca® Messung wurde ein Variationskoeffizient von 3,99% für die Resistanz und 7,79% für die Reaktanz ermittelt.



Abbildung 13 BIA Messung mit Seca® [SECA;2012]

Tabelle 10 95. Perzentile für die Resistanz, Reaktanz und den Phasenwinkel bei 50 kHz für Frauen[PEINE et al., 2013]

BMI	Resistanz/ Größe (Ω/cm)	Reaktanz/ Größe(Ω/cm)	Phasenwinkel(°)
< 25	4,670	0,430	5,74
$\geq 25 < 30$	4,335	0,410	5,94
≥ 30	4,040	0,384	5,93

Tabelle 11 95. Perzentile für die Resistanz, Reaktanz und den Phasenwinkel bei 50 kHz bei Männern[PEINE et al., 2013]

BMI	Resistanz/ Größe (Ω/cm)	Reaktanz/ Größe(Ω/cm)	Phasenwinkel(°)
< 25	3,711	0,406	6,69
$\geq 25 < 30$	3,362	0,371	6,78
≥ 30	3,111	0,333	6,64

3.4 Anthropometrische Messungen

Am Besuchstag in der Ambulanz wurde das Körpergewicht mit dem Seca® BIA Gerät auf 0,1kg genau ermittelt und die Körpergröße mittels Wandstadiometer auf 0,1cm genau gemessen. Der Bauchumfang wurde mittels eines elastischen Maßbandes auf 0,5 cm genau ermittelt. Dieses wurde um den Bauch in der Höhe des vorderen Knochenvorsprungs angelegt. Der Patient sollte dabei leicht ausatmen. Für die Bauchumfangsmessung wurde ein Variationskoeffizient von 0,14% ermittelt.

Für die Messung des Oberarmumfangs sollte der Arm des Patienten locker neben dem Körper hängen, die Handflächen zum Körper gerichtet. Mit einem elastischen Maßband wurde die Länge zwischen dem Schulterblattansatz (Akromion) und der Ellbogenspitze (Olekranon) gemessen. In der Mitte dieser Strecke wurde der Oberarmumfang in cm gemessen. Es wurde ein Variationskoeffizient von 0,34% ermittelt.

Der Oberschenkelumfang wurde am sitzenden Patienten durchgeführt. Das Bein war dabei um 90° abgewinkelt. Mit einem elastischen Maßband wurde die Länge zwischen Inguinalfalte und dem proximalen Kniescheibenrand gemessen. In der Mitte der Strecke wurde der Oberschenkelumfang in cm gemessen [HEYWARD und STOLARCZYK, 1996]. Für die Messung des Oberschenkelumfangs wurde ein Variationskoeffizient von 0,37% ermittelt.

3.5 DEXA Messung

Im Rahmen einer am AKH Wien durchgeführten Studie wurde bei teilnehmenden Patienten präoperativ eine DEXA Messung durchgeführt. 20 dieser Patienten wurden für diese Masterarbeit herangezogen und am selben Tag der DEXA Messung in der Ambulanz mit den BIA Geräten gemessen, um die Übereinstimmung der BIA Geräte mit DEXA bei morbid adipösen Patienten zu überprüfen.

Die Patienten wurden mit dem DEXA Modell Discovery A (S/N 453 13) gemessen. Bei jedem Patienten wurde ein Auto Whole Body Fan Beam der Version

12.5 angewendet. Der Patient liegt dabei mit dem Rücken auf der Geräteliege. Durch eine Röntgenröhre werden die Röntgenstrahlen erzeugt und durch den Körper geleitet. Das Prinzip der Methode wird unter 2.3.3.1 beschrieben.

Für diese Masterarbeit wurden nur die Messwerte des Gesamtkörperfettanteils zur Verfügung gestellt.

3.6 Laborparameter

Im Rahmen jedes Kontrollbesuchs in der Ambulanz wurde bei den Patienten Blut abgenommen. Die ermittelten Laborparameter für Albumin und Gesamtprotein wurden für diese Arbeit herangezogen. Albumin wurde mittels Farbbindungs-methode mit Bromcresolgrün analysiert und Gesamtprotein durch Farbkomplexbil-dung (Biuret Reaktion). Die Referenzwerte wurden den Laborbefunden entnom-men.

Referenzwerte: Albumin: 35-52 g/L, Protein gesamt: 64-83g/L

3.7 Statistik

Die statistischen Berechnungen für diese Arbeit wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics, Version 20.0, durchgeführt. Weitere Berechnungen erfolgten mittels Windows Excel, Version 2013.

3.7.1 Gepaarter T-Test

Um die ermittelten Rohdaten mittels BIAC und Seca® miteinander vergleichen zu können, wurde ein gepaarter T-Test angewendet. Dieser wurde ebenfalls ver-wendet, um die aus den Rohdaten errechneten Werte für FFM, FM und FM% miteinander zu vergleichen. Des Weiteren wurde der gepaarte T-Test eingesetzt, um den durch DEXA ermittelten Körperfettanteil, mit dem Körperfettanteil zu ver-gleichen, der mit diversen Prädiktionsformeln berechnet wurde. Es wurde ein Sig-nifikanzniveau von 5% ($p < 0,05$) verwendet.

3.7.2 Einfaktorielle ANOVA

Dieser Test wurde angewendet, um die ermittelten Rohdaten von BIAC und Seca® und die ermittelten Werte der Körperzusammensetzung (FFM, FM und FM%) innerhalb der Gruppe Geschlecht (mit Messwiederholung, ohne Post Hoc) sowie innerhalb prä- und postoperativen Gruppen miteinander zu vergleichen. Für den Vergleich innerhalb der Gruppen wurde Tukey's Post Hoc Test angewendet.

3.7.3 Bland- Altman Methode

Die Bland-Altman Methode wurde durchgeführt, um die Übereinstimmung der Messmethoden grafisch darzustellen und zu quantifizieren

Die Übereinstimmungsgrenzen wurden anhand der mittleren Differenz der Messungen und der Standardabweichungen der Differenzen ermittelt:

$d + 1,96 \times s$ = Obere Übereinstimmungsgrenze

$d - 1,96 \times s$ = Untere Übereinstimmungsgrenze

d = mittlere Differenz BIA-DEXA

s = Standardabweichung der Differenzen

4 ERGEBNISSE

4.1 Kollektivbeschreibung

Insgesamt wurden 215 Patientenmessungen für diese Masterarbeit herangezogen. Davon wurden 60 Messungen ausgeschlossen, aufgrund implantierter Metallteile (23), vorhandenem Herzschrittmacher (1), ungültiger Seca® Messung (7), ungültiger BIAC Messung (8), fehlender Elektroden für die BIAC Messung (17) und Ödeme (4).

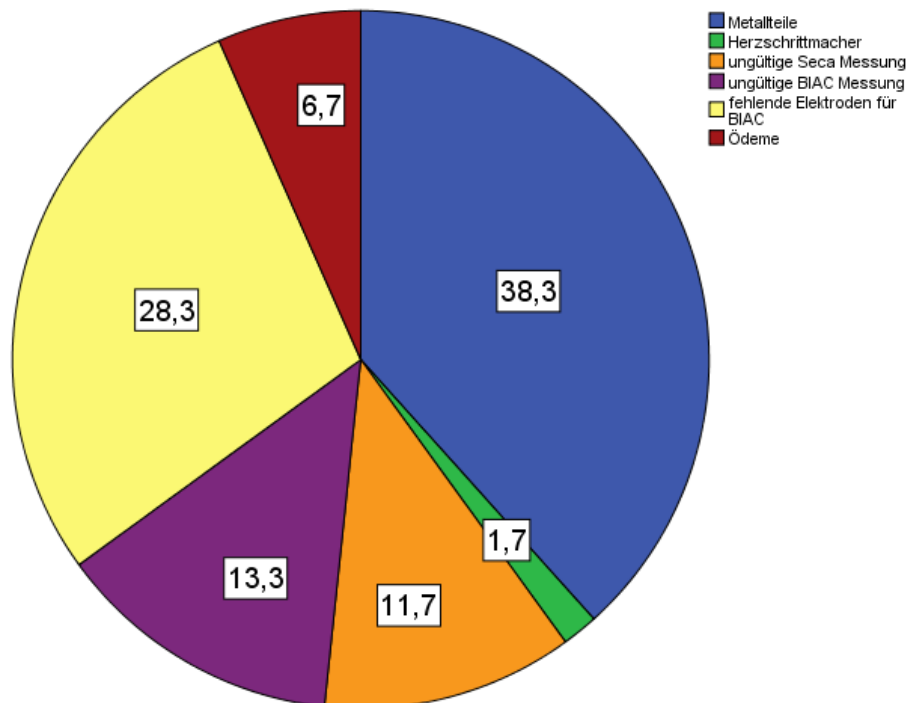


Abbildung 14 Ausgeschlossene Patienten in %

Das Kollektiv bestand nach Ausschluss aus 155 Patientenmessungen. Diese stammen von 132 unterschiedlichen Patienten, da 15 Patienten mehr als einmal im Studienverlauf zur Kontrolle kamen und damit mehrmals gemessen wurden. Von diesen 15 Patienten sind 9 Patienten (7 Frauen, 2 Männer) mit 2 Verlaufsmessungen, 4 Patienten (3 Frauen, 1 Mann) mit 3 Verlaufsmessungen und 2 Patienten (2 Frauen) mit 4 Verlaufsmessungen vertreten.

Tabelle 12 Kollektivbeschreibung Frauen, Männer, Gesamt

	Frauen (n=122)	Männer (n= 33)	Gesamt (n= 155)
Alter	40,8 ± 12,3	42,1 ± 13,4	41,1 ± 12,5
Größe (cm)	163,5 ± 7,5	177,7 ± 7,6	166,5 ± 9,5
Gewicht(kg)	97,7 ± 24,3	116,8 ± 24,4	101,8 ± 25,5
BMI (kg/m²)	36,7 ± 9,5	37,2 ± 8,2	36,8 ± 9,2
Bauchumfang(cm)	109,4 ± 17,4	120,0 ± 15,7	111,7± 17,5
Protein g/L	67,5 ± 4,7	69,1 ± 4,7	67,8 ± 4,8
Albumin g/L	42,4 ± 2,7	44,2 ± 3,1	42,8 ± 2,9

Werte angegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Um prä- und postoperative Unterschiede auszuwerten, wurden die Messungen in 5 Gruppen unterteilt.

1. Präoperativ (n=44),
2. 4 Wochen - 3 Monate postoperativ (n=33) ,
3. 4 - 6 Monate postoperativ (n=28) ,
4. 12 - 18 Monate postoperativ (n=27)
5. > 18 Monate postoperativ (n=23)

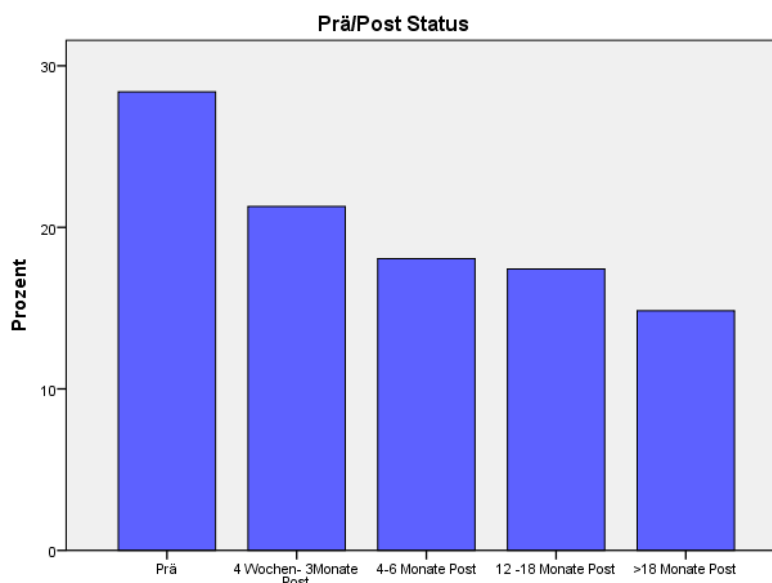


Abbildung 15 Patientenmessungen prä- und postoperativ (%)

Tabelle 13 Kollektivbeschreibung prä- und postoperativ

	Prä (n =44)	4Wo.-3Mo. Post (n= 33)	4-6Mo Post (n=28)	12-18 Mo. Post (n=27)	>18 Mo. Post (n=23)
Anzahl Frauen/ Männer	35/9	28/5	19/9	20/7	20/3
Alter	40,43±12,1	36,3±14,4	42,5±13,0	43,8±11,0	44,1±10,0
Größe (cm)	164,1±9,0	163,2±10,0	168,8±9,3	170,5±8,5	168,4±8,9
Gewicht (kg)	125,6±21,0	106,8±18,3	93,6±15,1	79,3±15,5	85,2±21,5
BMI (kg/m²)	46,5 ± 6,9	39,9 ± 4,5	32,8 ± 4,7	27,2 ± 4,6	29,9 ± 6,0
Bauchumfang(cm)	128,13 ± 12,4	115,5 ± 10,9	106,3 ± 12,1	95,0 ± 11,3	100,0 ± 16,1
Gewichtsverlust seit OP(kg)	-	18,5±14,1	36,7±9,6	52,7±15,7	46,6±16,6
Albumin g/L	43,6±2,2	41,8±2,9	42,9±2,9	42,6±2,8	42,5±3,7
Protein g/L	70,7±4,3	66,6±4,6	67,1±4,9	65,3±4,4	67,6±3,6

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

4.2 Bariatrische Eingriffe im Kollektiv

111 Patientenmessungen wurden postoperativ durchgeführt. Omega-Loop Gastric Bypass (n=79) war die häufigste Operationsmethode, gefolgt von Y-Roux Gastric Bypass (n= 25).

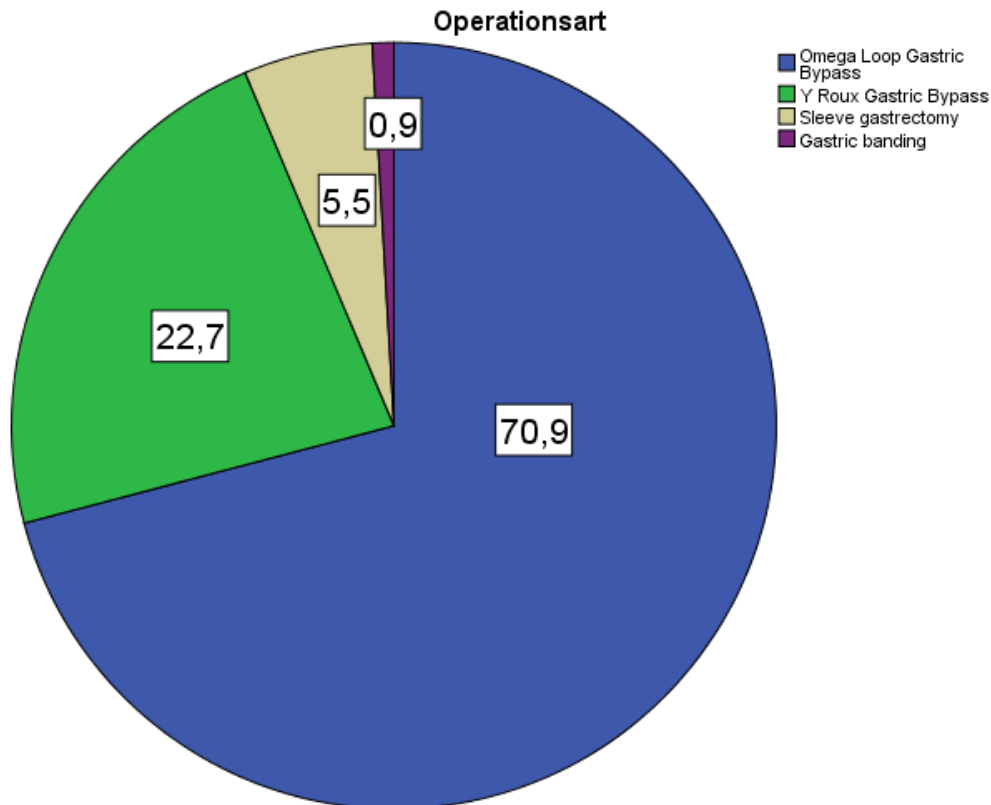


Abbildung 16 Operationsmethoden und deren Häufigkeiten(%)

4.3 Vergleich der Rohdaten von Seca® und BIAC

Ergebnisse ermittelt aus dem Gesamtkollektiv (n=155):

Tabelle 14 Rohdaten Seca® und BIAC bei Frauen, Männern und Gesamt

	Frauen (n=122)	Männer (n=33)	Gesamt (n=155)
Seca® R (Ω)	533,4 $\pm$ 64,6	446,1 $\pm$ 55,6*	514,8 $\pm$ 72,2
Seca® Xc (Ω)	41,9 $\pm$ 6,9	39,4 $\pm$ 7,4	41,4 $\pm$ 7,1
Seca® Phasenwinkel°	4,5 $\pm$ 0,6	5,1 $\pm$ 0,7*	4,6 $\pm$ 0,7
BIAC R(Ω)	460,2 $\pm$ 62,7	377,8 $\pm$ 52,3*	442,6 $\pm$ 69,3
BIAC Xc (Ω)	42,9 $\pm$ 7,4	39,1 $\pm$ 7,8*	42,1 $\pm$ 7,6
BIAC Phasenwinkel °	5,4 $\pm$ 0,8	5,9 $\pm$ 0,9*	5,5 $\pm$ 0,8

Werte gegeben als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung

*p<0,05 im Vergleich zur Messung der Frauen

Ein Vergleich der gemessenen Rohdaten von Seca® und BIAC zeigt eine mittlere Differenz der beiden Messungen von $(72,17 \pm 21,67)\Omega$ für die Resistanz und $(-0,7 \pm 3,4)\Omega$ für die Reaktanz. Der Phasenwinkel der beiden Messungen weist eine mittlere Differenz von $(-0,85 \pm 0,28)^\circ$ auf. Die Seca®-Messung unterscheidet sich damit von der BIAC Messung um den Faktor 1,16 für die Resistanz, 0,98 für die Reaktanz und 0,84 für den Phasenwinkel.

Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt eine signifikant ($p < 0,001$) höhere Resistanz - Messung mit dem Seca®- Gerät als mit BIAC. Durch die Seca® -Messungen ergibt sich ein signifikant ($p < 0,001$) niedrigerer Phasenwinkel als mit BIAC, sowie eine signifikant ($p < 0,05$) kleinere Reaktanz. Auch zwischen den Geschlechtern zeigen sich Unterschiede. Die Resistanz ist bei Frauen signifikant ($p < 0,001$) höher als bei Männern, während sich der Phasenwinkel ($p < 0,001$) genau umgekehrt verhält. Die Reaktanz unterscheidet sich zwischen Männern und Frauen signifikant ($p < 0,05$). Mit BIAC ergeben sich bei Frauen leicht höhere Messwerte, bei Männern ist dies mit Seca® der Fall.

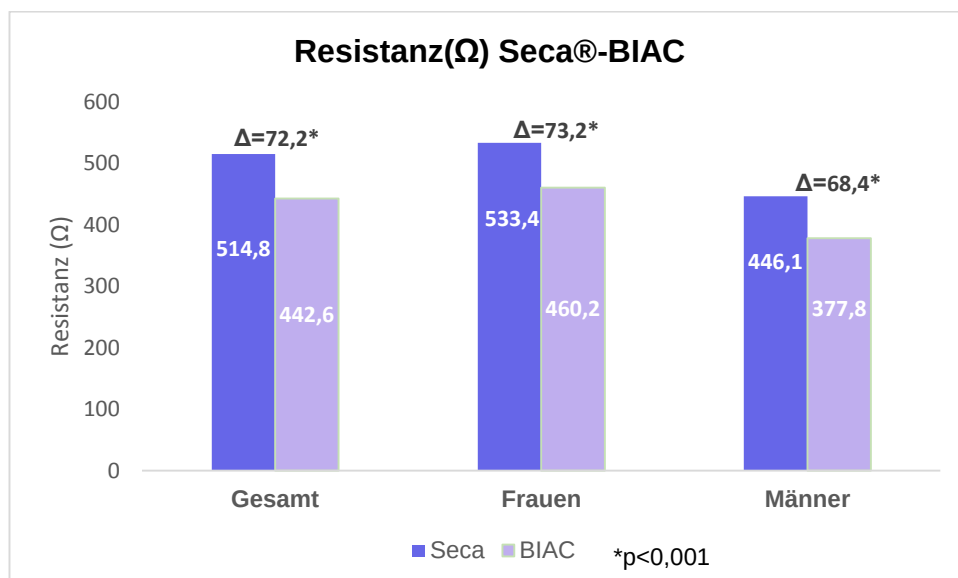


Abbildung 17 Vergleich Resistanz Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer

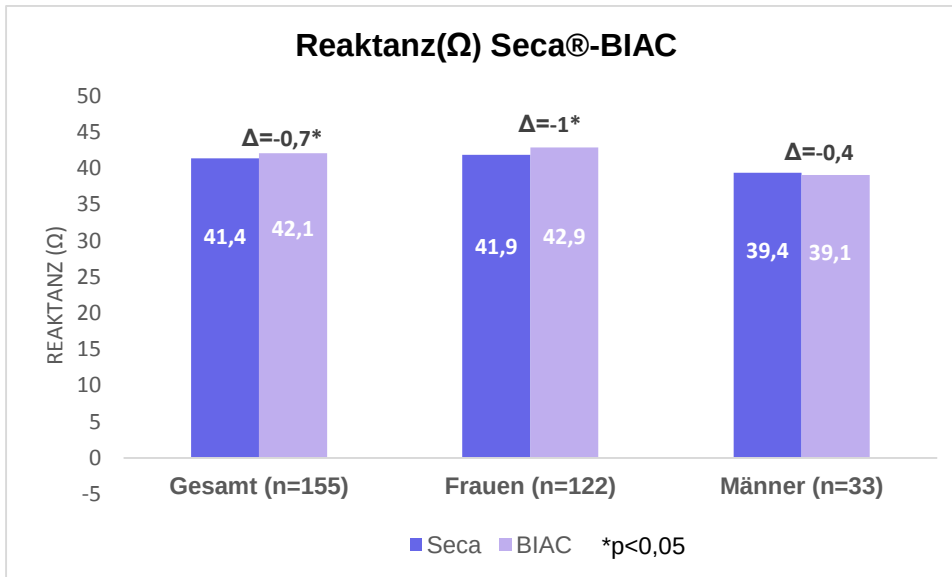


Abbildung 18 Vergleich Reaktanz Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer

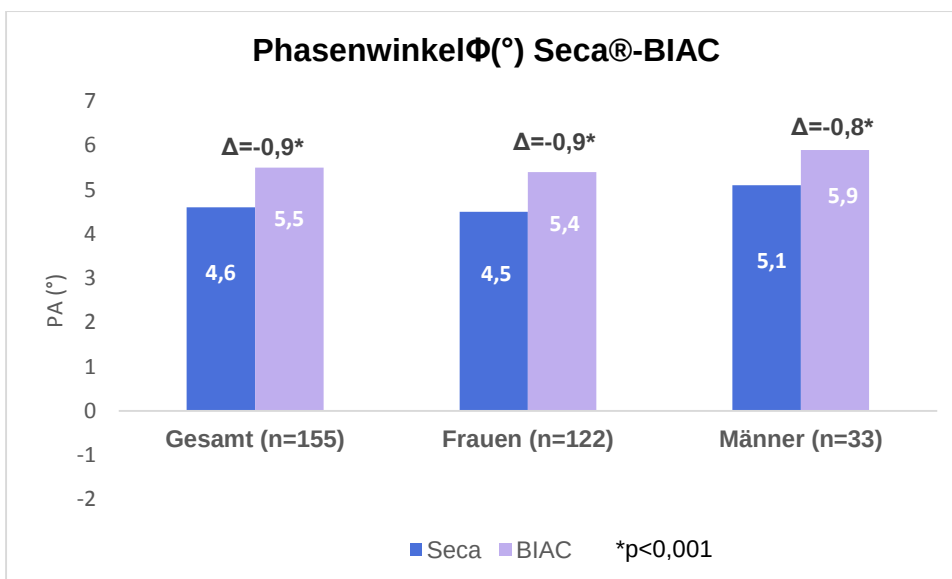


Abbildung 19 Vergleich Phasenwinkel Seca® - BIAC gesamt, Frauen, Männer

Die Streudiagramme zeigen einen positiven, linearen Zusammenhang ($p<0,05$) zwischen den durch Seca® und BIAC ermittelten Resistanzen (R) ($r^2= 0,91$), Reaktanzen (X_c) ($r^2= 0,81$) und den Phasenwinkeln ($r^2 =0,88$).

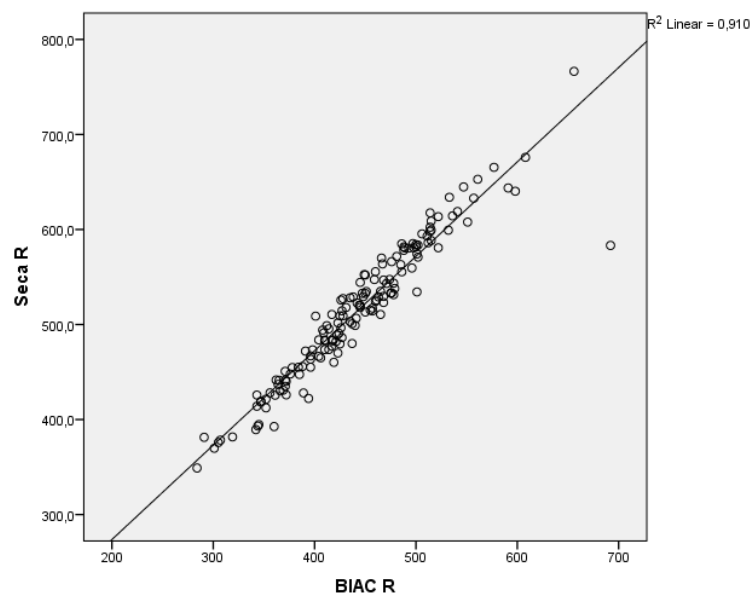


Abbildung 20 Korrelation der Resistanz gemessen mit Seca® und BIAC

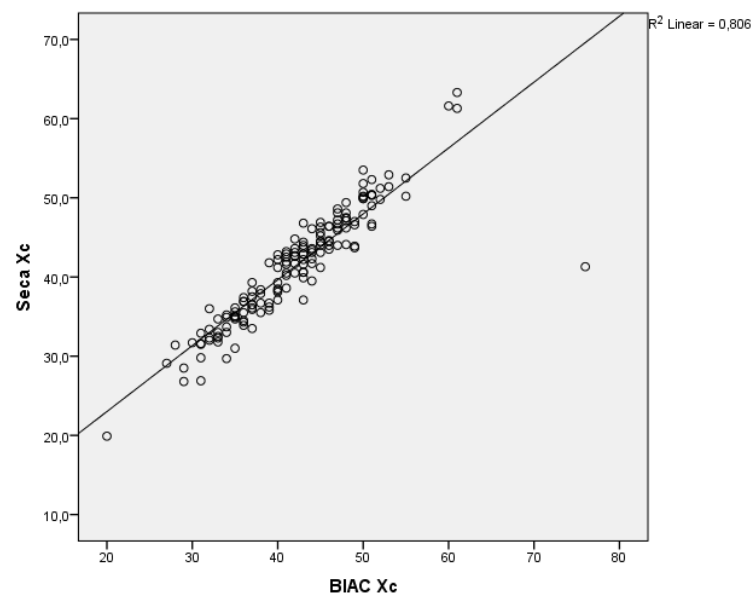


Abbildung 21 Korrelation der Reaktanz gemessen mit Seca® und BIAC

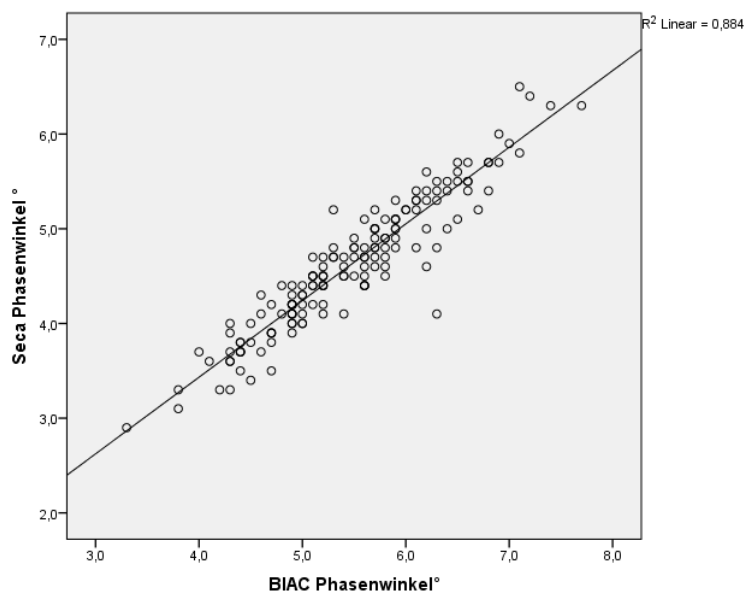


Abbildung 22 Korrelation des Phasenwinkels gemessen mit Seca® und BIAC

4.3.1 Vergleich der Rohdaten zwischen prä- und postoperativen Patientenmessungen

Ergebnisse ermittelt aus dem Gesamtkollektiv:

Tabelle 15 Rohdaten prä- und postoperativ Gesamtkollektiv

	Prä (n =44)	4Wo.-3 Mo. Post (n= 33)	4-6 Mo. Post (n=28)	12-18 Mo. Post (n=27)	>18 Mo. Post (n=23)
BMI(kg/m²)	46,5±6,9	39,9±4,5*	32,8±4,7*	27,2±4,6*	29,9±6,0*
Bauchumfang (cm)	128,13±12,4	115,5±10,9*	106,3±12,1*	95,0±1,3*	100,0±16,1*
Gewicht(kg)	125,6±21,0	106,8±18,3*	93,6±15,1*	79,3±15,5*	85,2±21,5*
Gewichtsverlust seit OP(kg)	-	18,5±14,1*	36,7±9,6*	52,7±15,7*	46,6±16,6*
Albumin g/L	43,6±2,2	41,8±2,9	42,9±2,9	42,6±2,8	42,5±3,7
Protein g/L	70,7±4,3	66,6±4,6*	67,1±4,9*	65,3±4,4*	67,6±3,6*

Werte gegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Tabelle 16 Rohdaten BIA prä- und postoperativ Gesamtkollektiv

	Prä (n =44)	4Wo.-3 Mo. Post (n= 33)	4-6 Mo. Post (n=28)	12-18 Mo. Post (n=27)	>18 Mo. Post (n=23)
R(Ω) Seca®	476,8±63,0	531,4±66,1*	510,4±69,3	542,1±85,1*	537,0± 5,7*
X_c Seca®	43,6±7,4	41,9±6,5	38,4±5,1*	39,8±7,5	42,0±7,6
PA°Seca®	5,2±0,5	4,5±0,5*	4,3±0,5*	4,2±0,6*	4,5±0,8*
R(Ω) BIAC	403,7±57,7	459,4±62,2*	436,1±62,5	465,9± 6,2*	473,7± 7,9*
X_c(Ω) BIAC	43,1±7,4	42,5±6,3	38,6±5,5	41,07±8,1	45,0±1,0
PA° BIAC	6,1±0,6	5,3±0,6*	5,1±0,6*	5,06±0,8*	5,5±0,9*

Werte gegeben als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; PA = Phasenwinkel
 *p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Tabelle 15 zeigt einen signifikanten Unterschied von Gewicht bzw. Gewichtsverlust nach der OP, BMI und Bauchumfang zwischen präoperativen Patientenmessungen und postoperativen Patientenmessungen. Postoperativ zeigt sich ein geringeres Gewicht, sowie ein geringerer BMI und Bauchumfang als bei präoperativen Messungen. Erst bei Messungen nach über 18 Monaten postoperativ zeigen sich höhere Werte für diese Parameter, die jedoch nicht signifikant höher sind, als die gemessenen Werte zum Zeitpunkt 12-18 Monate nach der Operation.

Der Albuminstatus unterscheidet sich prä- und postoperativ nicht signifikant. Es zeigt sich jedoch, dass dieser postoperativ geringfügig niedrigerer ist. Der Proteinstatus der 4 Wochen- 18 Monate postoperativen Messungen ist signifikant niedriger als jene der präoperativen Messungen. Die Gruppe über 18 Monate postoperativ verfügt wieder über einen leicht höheren Gesamtproteinstatus als die anderen postoperativen Gruppen.

Die Widerstandsmessungen in Tabelle 16 zeigen, dass beide Geräte bei postoperativen Patienten höhere Resistanzen messen als bei präoperativen Patienten.

Signifikant höher ist die Resistanz in den postoperativen Gruppen 4 Wochen - 3 Monate, 12 Monate -18 Monate und > 18 Monate.

Die Reaktanz X_c ermittelt mit Seca® ist postoperativ geringer (signifikant 4- 6 Monate) als präoperativ. BIAC konnte prä- und postoperativ keine signifikanten Reaktanz- Unterschiede ermitteln, jedoch zeigt sich bei postoperativen Gruppen eine geringere Reaktanz, mit Ausnahme bei Gruppe > 18 Monate. Hier ist die Reaktanz höher als präoperativ. Der Phasenwinkel ist bei beiden BIA Geräten postoperativ signifikant geringer als präoperativ. Die Messungen in der postoperativen Gruppe nach über 18 Monaten sind wieder höher als in der Gruppe 12-18 Monate, jedoch nicht signifikant.

Ein Vergleich der Seca® und BIAC Rohdaten innerhalb der Gruppen, zeigt einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) der Messungen, mit Ausnahme der Reaktanz in den Gruppen 12-18 Monate und über 18 Monate postoperativ. Hier ist der gemessene Unterschied zwischen den Geräten nicht signifikant.

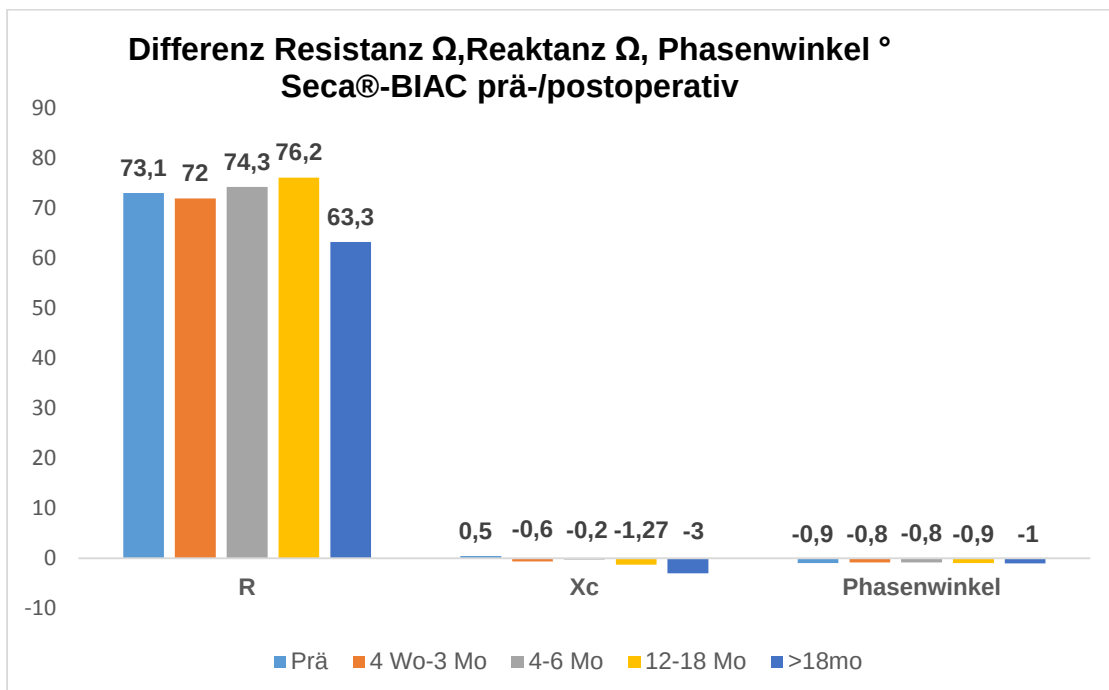


Abbildung 23 Differenz Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel zwischen Seca® und BIAC prä-/postoperativ

4.4 Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels Prädiktionsformeln

Ergebnisse ermittelt aus dem Gesamtkollektiv

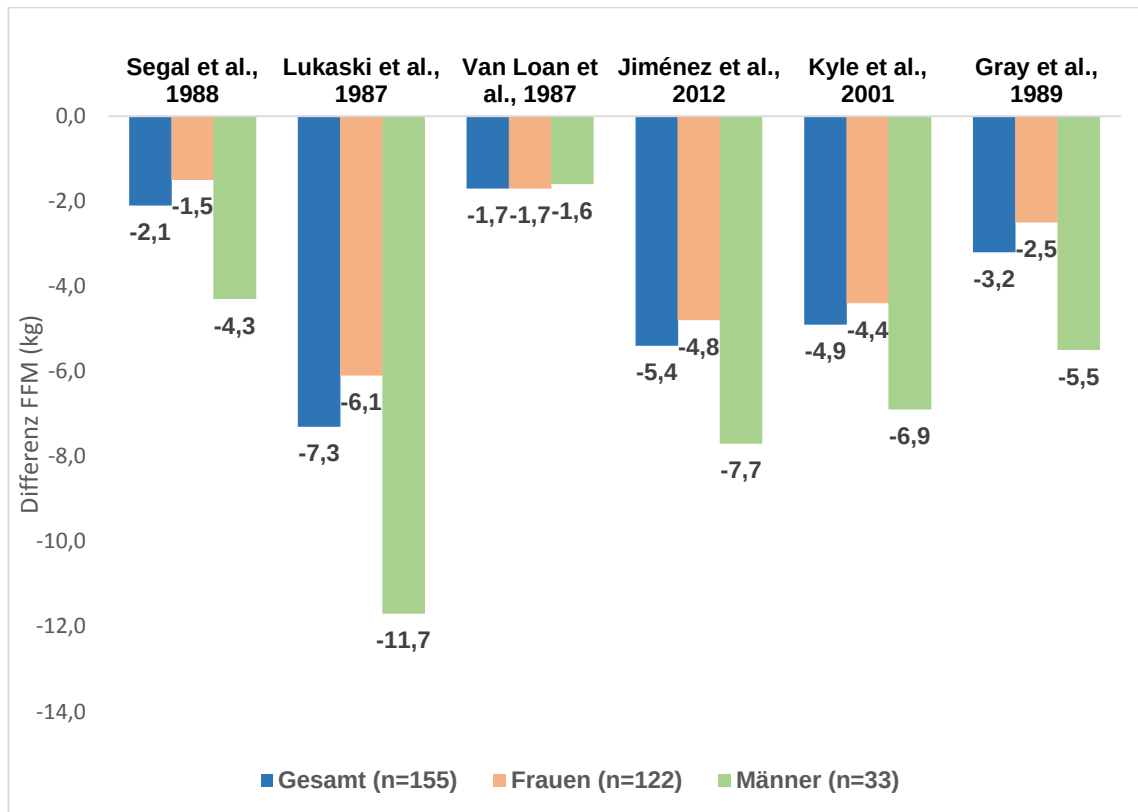


Abbildung 24 Differenz FFM(kg) Seca®- BIAC gesamt, Frauen, Männer

Die mit Seca® und BIAC ermittelten Werte für FFM in kg unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$). Die BIAC Werte ergeben, im Vergleich zu den Seca® Werten, bei allen Formeln eine höhere FFM in kg. Die größte Differenz zwischen der Seca® Messung und der BIAC Messung wurde für die FFM ($-7,3 \pm 6,0$) kg mittels Lukaski et al. Formel ermittelt. Die kleinste Differenz zwischen den Messgeräten zeigt sich für FFM ($-1,7 \pm 0,5$)kg mit der Formel von Van Loan et al.

Betrachtet man die ermittelten Werte für die FFM nach Geschlecht getrennt, so zeigt sich, dass sich diese sowohl bei männlichen, als auch bei weiblichen Patienten zwischen BIAC und Seca® signifikant ($p < 0,05$) unterscheiden. Die FFM ist bei Männern signifikant ($p < 0,05$) höher als bei Frauen. Mittels Seca® ergeben sich ebenfalls für beide Geschlechter niedrigere FFM Werte als mittels BIAC.

Die größte Differenz ergibt sich zwischen den BIA Geräten für die FFM sowohl bei Männern als auch bei Frauen mit der Formel von Lukaski et al. Diese beträgt bei Männern ($-11,7 \pm 11,8$) kg und bei Frauen ($-6,1 \pm 1,7$) kg. Für Männer ergibt sich mit Hilfe der Formel von Van Loan et al. die kleinste Abweichung zwischen Seca®- und BIAC- Messungen. Die FFM ergibt hier ($-1,6 \pm 0,4$)kg. Bei Frauen konnte die kleinste Differenz für die FFM ($-1,5 \pm 0,5$) kg durch die Segal et al. Formel erzielt werden.

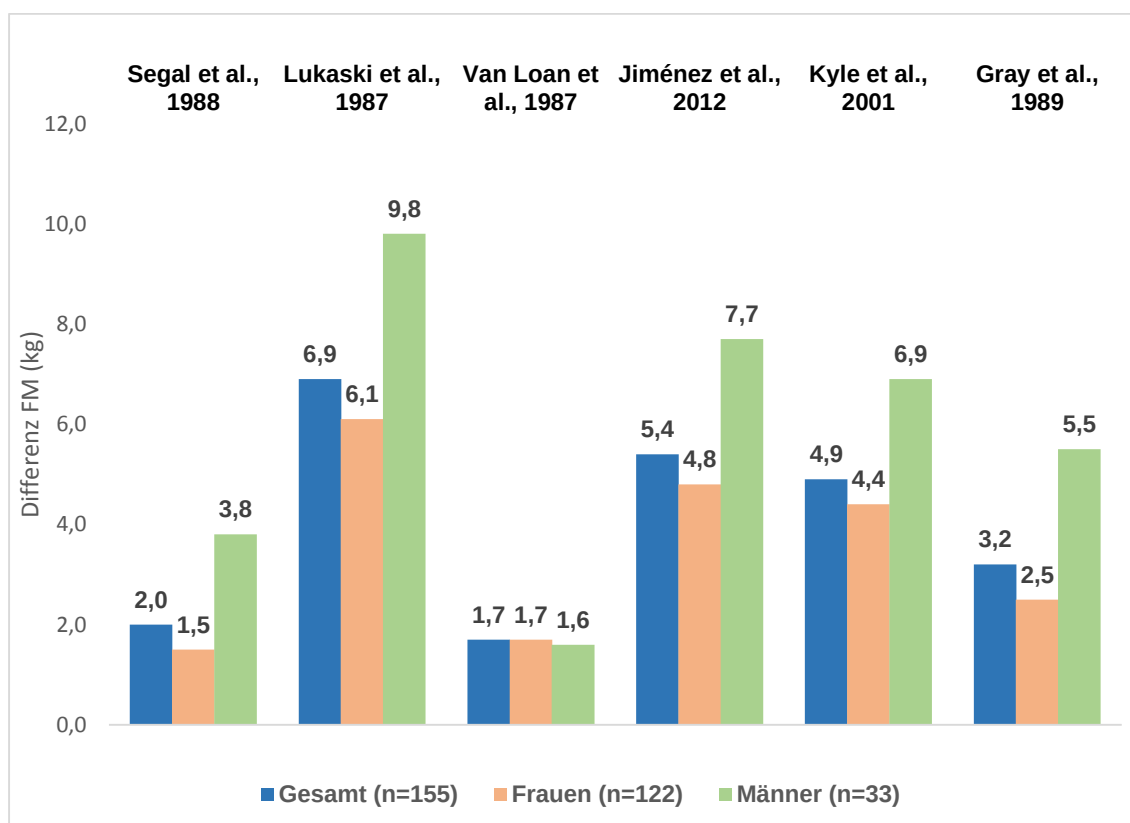


Abbildung 25 Differenz FM(kg) Seca®- BIAC Gesamt, Frauen, Männer

Die mit Seca® und BIAC ermittelten Werte für die FM in kg unterscheiden sich ebenfalls signifikant ($p < 0,05$). Für die absolute FM ergeben sich mit BIAC niedrigere Werte. Nach Geschlecht getrennt betrachtet, zeigt sich dies auch für die FM. Bei der ermittelten FM in kg zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen den Geschlechtern, aber eine tendenzielle höhere FM bei Frauen.

Die größte Differenz zwischen der Seca® Messung und der BIAC Messung wurde für die absolute FM mittels der Lukaski et al. Formel ($6,9 \pm 2,54$)kg ermittelt und die kleinste Differenz zwischen den Messgeräten mittels Van Loan et al. Formel ($1,7 \pm 0,5$)kg. Mittels Lukaski et al. Formel ergibt sich die größte Differenz bei Frauen ($6,1 \pm 1,7$) kg und Männern ($9,8 \pm 3,0$) kg. Die kleinste Differenz zwischen den beiden Werten durch Seca® und BIAC Messung ergibt sich für Männer mittels Van Loan et al. Formel ($1,6 \pm 0,4$) kg. Bei den Frauen konnten die kleinsten Differenzen mittels Segal et al. Formel ($1,5 \pm 0,5$) kg ermittelt werden.

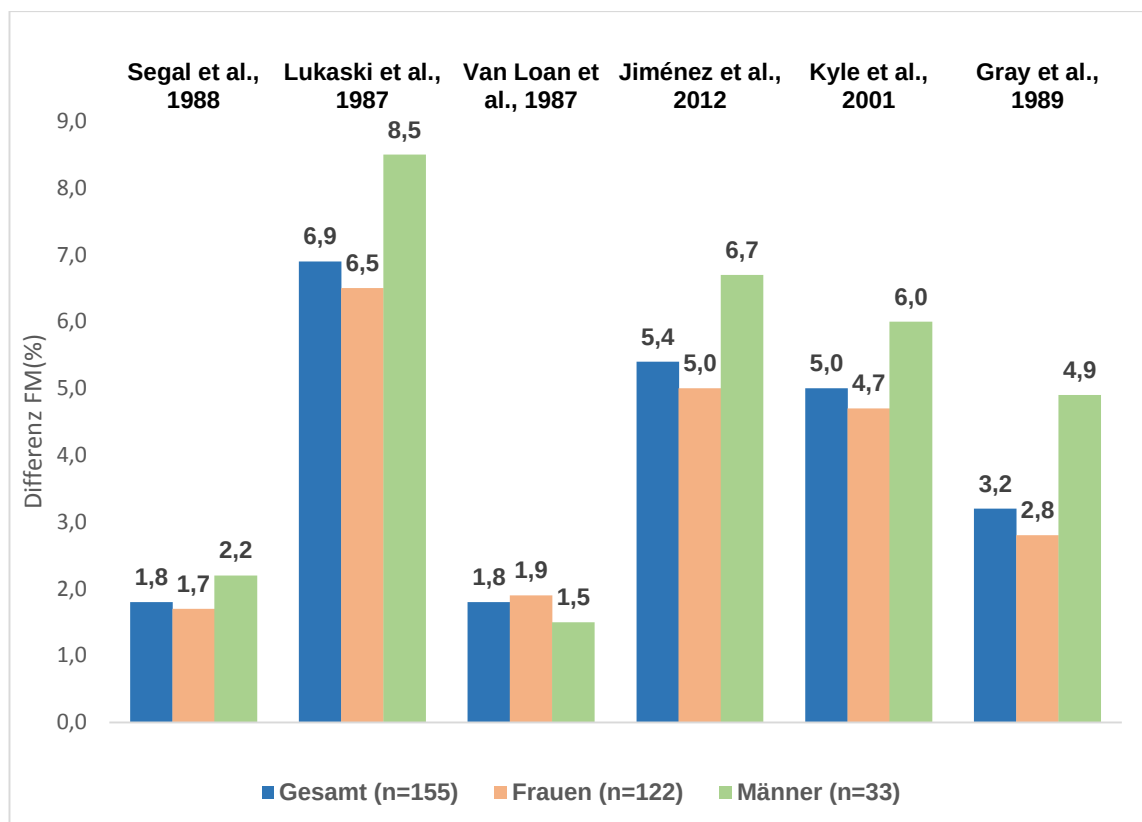


Abbildung 26 Differenz FM(%) Seca®- BIAC Gesamt, Frauen, Männer

In weiterer Folge werden mit BIAC signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Werte für die FM in % ermittelt als mit Seca®. Dieses Ergebnis zeigt sich getrennt nach Geschlecht betrachtet. Frauen weisen eine signifikant höhere FM in % als Männer auf.

Die größte Differenz zwischen der Seca® Messung und der BIAC Messung wurde mittels Lukaski et al. Formel ($6,9 \pm 2,3$) % ermittelt. Die kleinste Differenz zwischen den Messgeräten für die FM in % wurde mit Segal et al. Formel ($1,8 \pm$

1,8)% ermittelt. Mittels Lukaski et al. Formel ergibt sich die größte Differenz zwischen den BIA Geräten bei Frauen ($6,5 \pm 2,1$)% und Männern ($8,5 \pm 2,5$) %. Die kleinste Differenz zwischen den beiden Werten durch Seca® und BIAC Messung ergibt sich für Männer mittels Van Loan et al. Formel ($1,5 \pm 0,5$ %). Bei den Frauen konnten die kleinsten Differenzen für FM% ($1,7 \pm 0,7$)% mittels Segal et al. Formel ermittelt werden.

4.4.1 Vergleich der ermittelten FFM, FM in kg und FM in% zwischen prä- und postoperativen Patientenmessungen

Ergebnisse ermittelt aus dem Gesamtkollektiv

Tabelle 17 FFM(kg) ermittelt prä- und postoperativ, Teil 1

FFM (kg)	Prä (n =44)	4Wo.-3Mo. Post (n= 33)	4-6Mo. Post (n=28)	12-18Mo. Post (n=27)	>18Mo. Post (n=23)
Körpergewicht	125,6±21,0	106,8±18,3*	93,6±15,1*	79,3±15,5*	85,2±21,5*
Seca® Segal et al., 1988	62,7±11,5	56,3±11,0	54,0±11,5*	51,1±9,8*	52,1±10,8*
BIAC Segal et al.,1988	64,5 ± 11,9	58,0± 11,3	56,7±11,2*	54,1± 10,7*	53,6±11,3*
Seca® Lukaski et al.,1987	57,1± 10,3	50,2±9,7*	49,8±11,8*	50,6±11,2	49,4±9,2*
BIAC Lukaski et al.,1987	65,3±12,7	56,2±11,0*	60,2±12,2	56,6±11,5*	55,3±10,9*

Werte gegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Tabelle 18 FFM(kg) ermittelt prä- und postoperativ, Teil 2

FFM (kg)	Prä (n =44)	4Wo.-3Mo. Post (n= 33)	4-6Mo. Post (n=28)	12-18Mo. Post (n=27)	>18Mo. Post (n=23)
Seca® Van Loan et al.,1987	66,7±11,5	58,6±11,1*	55,5±10,5*	49,4±10,7*	50,6±11,8*
BIAC Van Loan et al.,1987	68,5±11,4	60,3±10,9*	57,2±10,4*	51,2±10,6*	52,1±11,9*
Seca® Jiménez et al.,2012	61,4±10,5	54,7±9,5*	57,1±10,1	53,8±10,0*	53,1±9,1*
BIAC Jiménez et al.,2012	67,6±12,3	59,5±10,6*	63,0 ±12,0	59,1±11,3*	57,5±10,6*
Seca® Kyle et al., 2001	61,5±10,7	53,2±10,1*	53,5±10,2*	49,1±10,1*	49,4±10,3*
BIAC Kyle et al., 2001	67,0±12,2	57,5±10,9*	58,7±11,7*	54,0±11,1*	53,8±11,3*
Seca® Gray et al., 1989	57,6±1,7	52,7±1,8	54,5±2,0	51,2±2,0	50,8±2,1
BIAC Gray et al., 1989	60,8±1,9	55,6±1,9	58,1±2,3	54,7±2,1	53,4±2,3

Werte gegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

*P< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Die FFM in kg ist in allen postoperativen Gruppen geringer als präoperativ, sowohl mit Seca® und BIAC als auch mit allen angewendeten Formeln. Ein signifikanter Unterschied zwischen präoperativen und jeder der postoperativen Messungen konnte nur mit der Formel von Van Loan et al. und Kyle et al. ermittelt werden.

Die Differenzen Seca®-BIAC für die FFM in kg in den prä- und postoperativen Gruppen sind nicht signifikant bei den Formeln von Segal et al., Van Loan et al., und Gray et al. Lukaski et al. Die Formeln von Jiménez et al. und Kyle et al. weisen signifikante Unterschiede der Differenzen zwischen prä- und postoperativen Gruppen auf. Da sich die Differenzen in einem ähnlichen Bereich belaufen, sollte jedoch kein Einfluss durch eine prä- oder postoperative Gruppe auf die Messunterschiede zu erwarten sein.

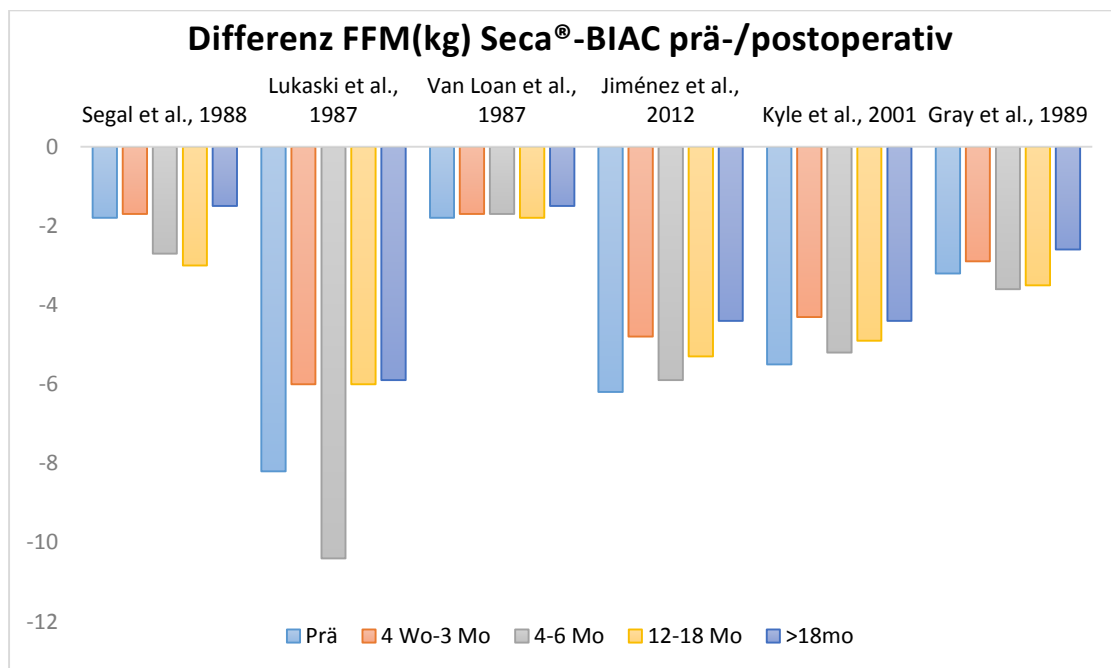


Abbildung 27 Differenz FFM(kg) Seca®-BIAC prä-/ postoperativ

Tabelle 19 FM (kg) prä- und postoperativ Teil 1

FM(kg)	Prä (n =44)	4Wo.-3Mo Post (n= 33)	4-6Mo Post (n=28)	12-18Mo Post (n=27)	>18Mo. Post (n=23)
Körpergewicht	125,6±21,0	106,8±18,3*	93,6±15,1*	79,3±15,5*	85,2±21,5*
Seca®					
Segal et al., 1988	62,9±13,5	50,5±9,7*	38,0±9,5*	29,0±12,0*	33,1±12,9*
BIAC					
Segal et al., 1988	61,1±13,6	48,8±9,9*	34,5±8,6*	27,5±13,6*	31,6±12,7*

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Tabelle 20 FM (kg) prä- und postoperativ Teil 2

FM(kg)	Prä (n =44)	4Wo.-3Mo Post (n= 33)	4-6Mo Post (n=28)	12-18Mo Post (n=27)	>18Mo. Post (n=23)
Seca® Lukaski et al.,1987	68,1±14,8	56,6±11,4*	40,8±10,1*	29,6±8,4*	35,8±14,8*
BIAC Lukaski et al.,1987	60,3±14,6	50,6±11,4*	33,4±10,6*	22,7±8,1*	29,9±14,0*
Seca® Van Loan et al.,1987	58,9±10,8	48,2±8,4*	38,1±7,0*	29,9±6,6*	34,7±10,9*
BIAC Van Loan et al.,1987	57,1±10,9	46,5±8,6*	36,3±7,0*	28,1±6,8*	33,1±10,9*
Seca® Jimenez et al.,2012	64,2±14,6	52,0±11,5*	36,4±9,9*	25,6±8,4*	32,1±14,7*
BIAC Jimenez et al.,2012	58,0±14,4	47,3±11,4*	30,6±10,2*	20,3±8,2*	27,7±14,1*
Seca® Kyle et al., 2001	64,1±13,5	53,5±10,2*	40,1±8,7*	30,2±7,9*	35,8±12,9*
BIAC Kyle et al., 2001	58,6±13,3	49,3±10,1*	34,8±9,0*	25,3±7,6*	31,4±12,4*
Seca® Gray et al., 1989	68,0±2,2	54,1±1,8*	39,1±1,8*	28,1±1,7*	34,4±3,0*
BIAC Gray et al., 1989	64,8±2,3	51,2±1,8*	35,4±1,8*	24,7±1,8*	31,9±2,9*

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Vergleicht man die Fettmasse in kg zwischen prä- und postoperativen Messzeitpunkten, so zeigt sich bei allen Formeln und mit beiden Geräten, dass die Fettmasse postoperativ signifikant niedriger ist. Innerhalb der postoperativen Gruppen ist die Fettmasse geringer, je länger der postoperative Status der Gruppe ist. Nur die Gruppe über 18 Monaten postoperativ hat wieder eine höhere Fettmasse als die Gruppe 12-18 Monate postoperativ (nicht signifikant).

Abbildung 28 zeigt wie bereits bei der FFM (kg), dass die Differenzen der BIA Messungen in den jeweiligen prä- und postoperativen Gruppen in einem ähnlichen Bereich verlaufen und daher kein Einfluss prä- oder postoperativer Gruppen auf die Messunterschiede zu erwarten ist. Die Differenzen bei Segal et al., Van Loan et al. und Gray et al., unterscheiden sich nicht signifikant, während die Differenzen der Prädiktionsformeln von Lukaski et al., Jiménez et al., sowie Kyle et al., sich signifikant ($p < 0,05$) unterscheiden.

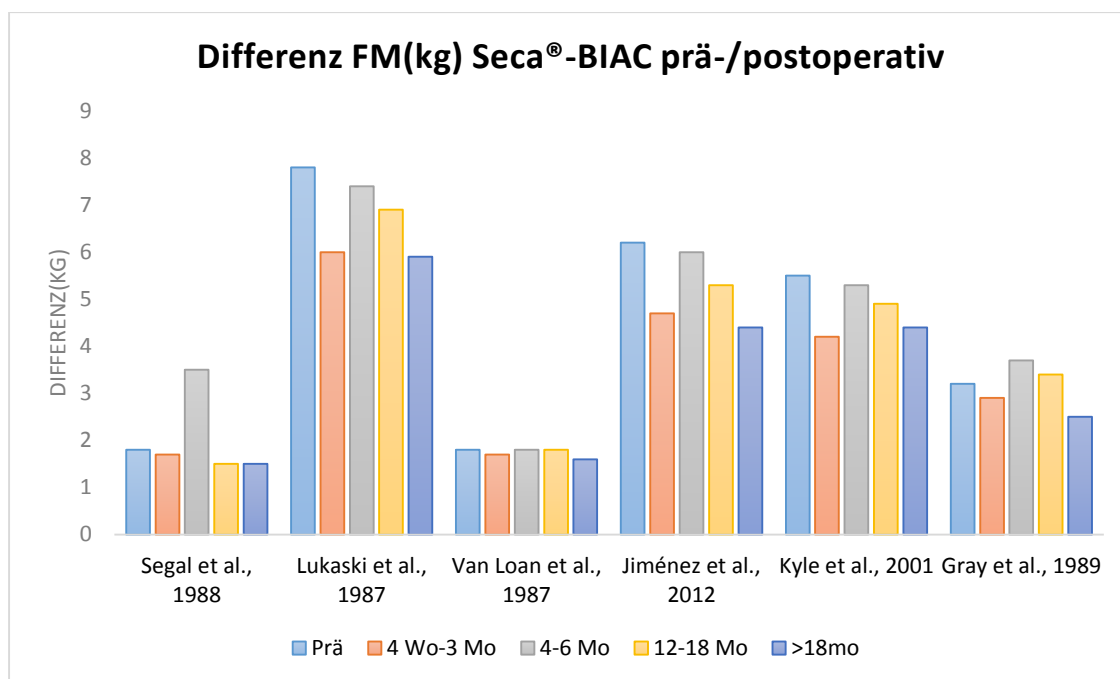


Abbildung 28 Differenz FM (kg) Seca® - BIAC prä-/ postoperativ

Tabelle 21 FM(%) prä- und postoperativ Teil 1

FM (%)	Prä (n =44)	4Wo-3 Mo. Post (n= 33)	4-6 Mo. Post (n=28)	12-18 Mo. Post (n=27)	>18 Mo. Post (n=23)
Körperge- wicht	125,6±21,0	106,8±18,3*	93,6±15,1*	79,3±15,5*	85,2±21,5*
Seca® Segal et al., 1988	50,0± 5,0	47,3±4,3	39,6±6,5*	35,5±8,5*	37,9±6,6*
BIAC Segal et al., 1988	48,5±5,4	45,6±4,6	37,7±6,0*	33,3±9,8*	36,1±7,0*
Seca® Lukaski et al.,1987	54,1±5,3	52,9±4,8	43,4±7,1*	37,0±6,4*	40,7±7,5*
BIAC Lukaski et al.,1987	47,8±6,6	47,2±5,9	35,5±8,9*	28,4±7,5*	33,7±8,6*
Seca® Van Loan et al.,1987	46,9±2,9	45,2±3,2	40,8±4,7*	37,8±4,6*	40,2±4,3*
BIAC Van Loan et al.,1987	45,4±2,9	43,5±3,2	38,9±4,7*	35,4±4,5*	38,4±4,6*
Seca® Jiménez et al.,2012	50,9±5,3	48,5±4,9	38,6±7,2*	31,8±6,8*	36,1±8,3*
BIAC Jimenez et al.,2012	45,9±6,3	44,1±5,7	32,4±8,6*	25,1±7,5*	31,0±9,1*

Werte gegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukeys Test

Tabelle 22 FM(%) prä- und postoperativ Teil 2

FM (%)	Prä (n =44)	4Wo-3 Mo. Post (n= 33)	4-6 Mo. Post (n=28)	12-18 Mo. Post (n=27)	>18 Mo. Post (n=23)
Seca® Kyle et al., 2001	50,9±4,5	50,1±3,8	42,8±5,9*	38,0±5,6*	41,2±5,6*
BIAC Kyle et al., 2001	46,5±5,4	46,0±4,6	37,2±7,2*	31,8±6,4*	36,0±6,3*
Seca® Gray et al., 1989	54,0±0,9	50,6±0,8	41,7±1,4*	35,1±1,3*	39,1±1,7*
BIAC Gray et al., 1989	51,4±1,0	47,9±0,9	37,8±1,6*	30,7±1,5*	36,1±1,8*

Werte gegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukeys Test

Die FM in % ist in den postoperativen Gruppen niedriger als präoperativ, signifikant für die Gruppen 4 Monate bis über 18 Monate. Wie schon bei der absoluten FM in kg zeigt sich auch bei der relativen FM innerhalb der postoperativen Gruppen ein geringer Fettanteil in den Gruppen mit längerem postoperativem Status. Die Gruppe über 18 Monaten postoperativ lag wieder nicht signifikant höher als die Gruppe 12- 18 Monate. Zu diesem Ergebnis kamen alle angewendeten Prädiktionsformeln mit beiden BIA Geräten.

Abbildung 29 zeigt die Differenzen der FM in% ermittelt mit Seca® und BIAC für die jeweiligen Prädiktionsformeln. Mit Ausnahme der Prädiktionsformel von Segal et al. unterscheiden sich alle Differenzen zwischen den prä- und postoperativen Gruppen signifikant(p<0,05).

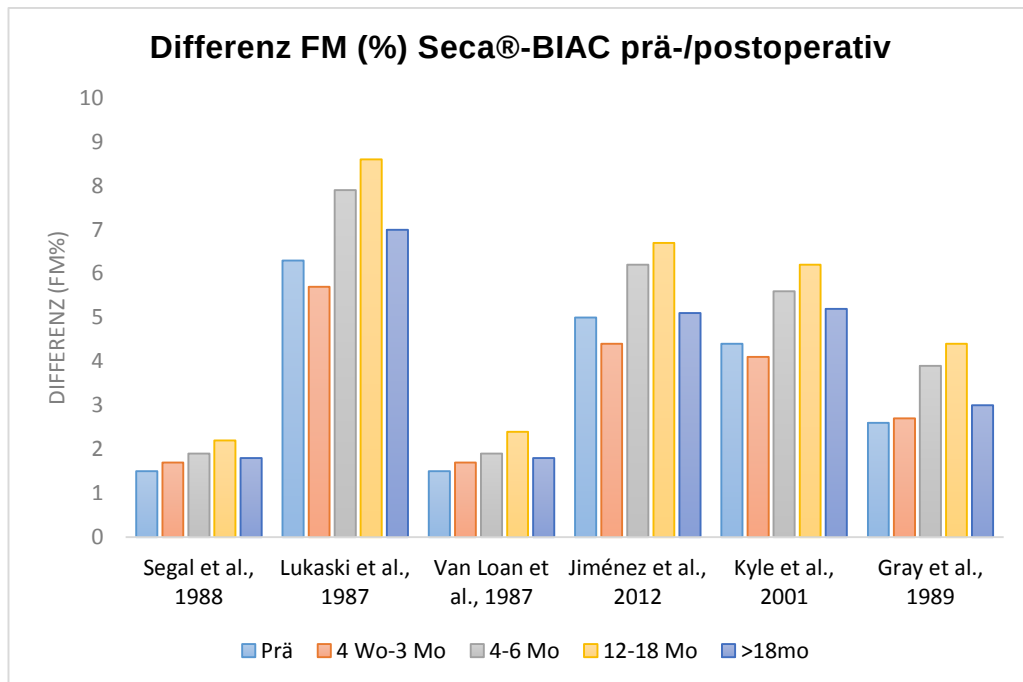


Abbildung 29 Differenz FM(%) Seca®- BIAC prä-/postoperativ

4.5 Vergleich Körperfett ermittelt mit Seca®, BIAC und DEXA

Ergebnisse ermittelt mit Subgruppe 1

Tabelle 23 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 1

	Frauen (n=17)	Männer(n=3)	Gesamt (n=20)
Alter	42,7±13,3	38,7±15,6	42,1±13,3
Größe(cm)	161,9±8,1	171,3±7,5	163,3±8,6
Gewicht (kg)	119,6±13,0	129,8±6,1	121,1±12,7
BMI (kg/m²)	45,7±6,1	44,3±4,6	45,5±5,8
Bauchumfang (cm)	123,5±10,8	134,3±6,0	125,2±10,8
Albuminstatus(g/L)	43,5±1,6	44,4±1,2	43,6±1,6
Proteinstatus (g/L)	70,3±3,3	74,6±4,5	71,0±3,7

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 24 Ermittelte Anteile des Körperfetts mit BIA und DEXA (n=20)

	Fettanteil %	Differenz BIA-DEXA
DEXA	44,3 ± 6,4	
Segal et al. Seca®	50,3 ± 4,5	6,0 ± 3,8*
Segal et al. BIAC	48,9 ± 4,9	4,6 ± 3,9*
Lukaski et al. Seca®	54,2 ± 5,5	9,9 ± 3,2*
Lukaski et al. BIAC	48,4 ± 7,1	4,1 ± 4,1*
Van Loan et al. Seca®	47,1 ± 2,8	2,8 ± 4,9
Van Loan et al. BIAC	45,7 ± 2,8	1,5 ± 4,8
Jiménez et al. Seca®	50,9 ± 5,3	6,6 ± 3,2*
Jiménez et al. BIAC	46,3 ± 6,5	2,1 ± 3,8
Kyle et al. Seca®	51,1 ± 4,4	6,9 ± 3,2*
Kyle et al. BIAC	47,0 ± 5,5	2,7 ± 3,4*
Segal et al.fettspez. Seca®	48,7 ± 5,0	4,5 ± 4,3*
Segal et al.fettspez. BIAC	47,8 ± 5,3	3,5 ± 4,4*
Gray et al.fettspez. Seca®	54,9 ± 5,7	10,6 ± 3,2*
Gray et al.fettspez. BIAC	52,5 ± 6,4	8,2 ± 3,6*

Werte angegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

*p< 0,05 (signifikanter Unterschied zur DEXA Messung) gepaarter t-Test, Bonferroni Korrektur

Der Fettanteil wird mit BIAC und Seca® bei allen angewendeten Formeln höher ermittelt als mit DEXA.

Ein nicht signifikanter Unterschied zur DEXA Messung konnte für den Körperfettanteil nur mit BIAC und der Van Loan et al. Formel ermittelt werden. Die Ergebnisse dieses Mittelwertvergleichs geben jedoch noch nicht hinreichend Auskunft über die Übereinstimmung der Messmethoden bzw. ist ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte noch nicht mit einer Nicht-Übereinstimmung der Messmethoden gleichzusetzen. Daher wurde in einem weiteren Schritt die Streuung der Differenzen der einzelnen Messwerte mittels Bland-Altman Methode angewendet. [BLAND und ALTMAN, 2010]

Tabelle 25 zeigt die oberen und unteren Übereinstimmungsgrenzen zwischen der DEXA Messung und der BIA Methode. D.h. dass die BIA Messung in 95% der Fälle einen Wert misst, der bis zu der unteren Grenze niedriger oder bis zur oberen Grenze höher ist, als der mit DEXA gemessene Wert.

Tabelle 25 Übereinstimmungsgrenzen BIA und DEXA

	Differenz Mittelwerte	Obere Übereinstim- mungsgrenze	Untere Übereinstim- mungsgrenze
Segal et al. Seca®	6,0	13,6	-1,5
Segal et al. BIAC	4,6	12,4	-3,1
Lukaski et al. Seca®	9,9	16,1	3,8
Lukaski et al. BIAC	4,1	12,2	-4,0
VanLoan et al. Seca®	2,8	12,4	-6,7
VanLoan et al. BIAC	1,5	10,8	-7,9
Jiménez et al. Seca®	6,6	12,9	0,4
Jiménez et al. BIAC	2,1	9,5	-5,4
Kyle et al. Seca®	6,9	13,0	0,7
Kyle et al. BIAC	2,7	9,5	-4,0
Segal et al. fettsp. Seca®	4,5	13,0	-4,0
Segal et al. fettsp. BIAC	3,5	12,2	-5,2
Gray et al. fettsp. Seca®	10,6	16,9	4,4
Gray et al. fettsp. BIAC	8,2	15,2	1,2

Betrachtet man die BIA-Körperfettanteile der Van Loan et al. Formel, so zeigt sich mit beiden BIA Geräten bei sehr hohen Körperfettgehalten eine gute Übereinstimmung mit der DEXA Messung. Jedoch ist eine steigende Überschätzung des Körperfettanteils bei abnehmendem Körperfettanteil der Patienten zu beobachten. Dieser Trend ist ebenfalls bei den BIA Messungen mit den anderen Formeln zu beobachten, wobei hier sowohl die Über- als auch die Unterschätzung des Körperfettgehalts zunimmt. Die Ermittlung des Körperfettanteils scheint mit abnehmendem Körperfettanteil ungenauer zu werden. Die Körperfettanteile ermittelt mit BIAC und Jiménez et al. Formel zeigen verhältnismäßig gute Übereinstimmungsgrenzen. Mit BIAC und Jiménez et al. Formel wird in 95% der Fälle einen Körperfettgehalt ermittelt, der bis zu 9,5 (Körperfett)% höher bzw. bis zu 5,4 (Körperfett)% niedriger ist als mit DEXA ermittelt.

Die Abbildungen 30 - 36 zeigen den Vergleich des ermittelten Körperfettanteils mit DEXA und BIA. Die oberste und die unterste Linie sind die obere und untere Übereinstimmungsgrenze. An der mittleren Linie lässt sich die Differenz BIA-FM% - DEXA FM% ablesen. DEXA FM% ist an der Stelle Null der Y- Achse. (hier nicht als Linie eingezeichnet)

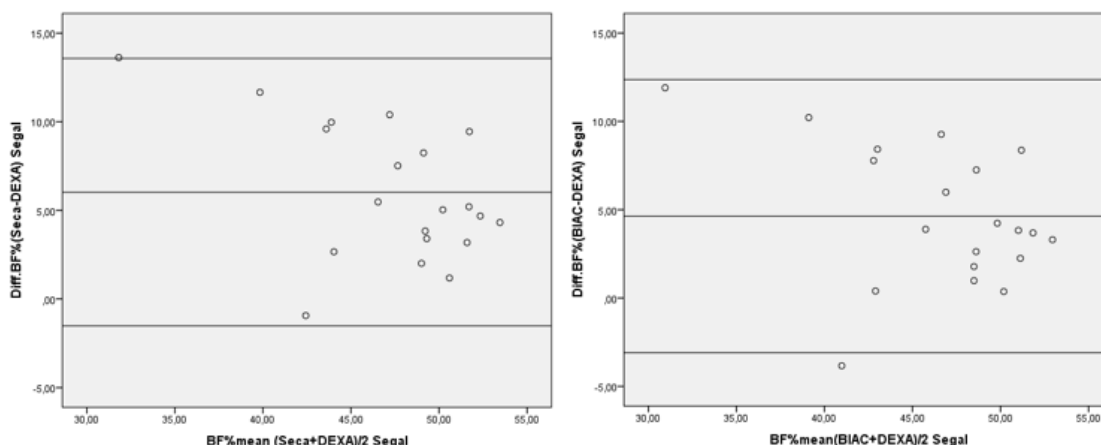


Abbildung 30 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Segal et al.,1988 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)

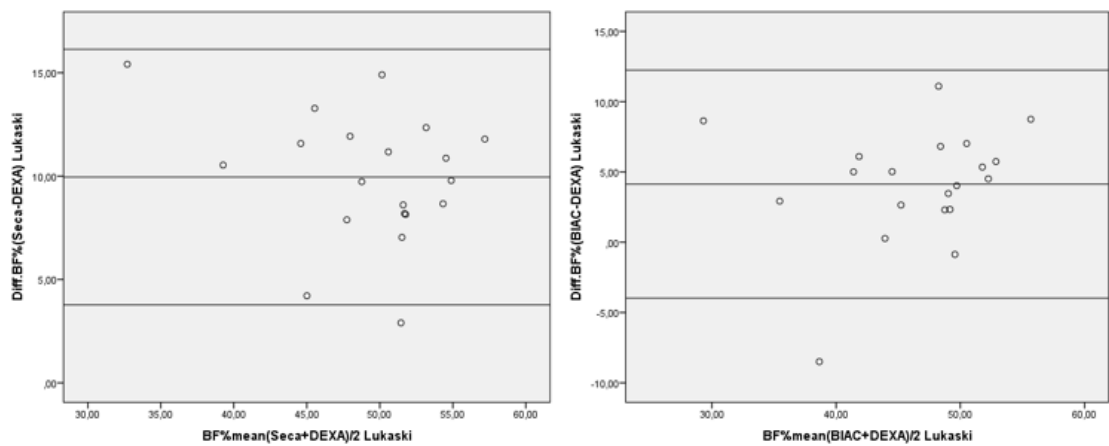


Abbildung 31 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Lukaski und Blonchuck, 1987 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAc und DEXA (rechts)

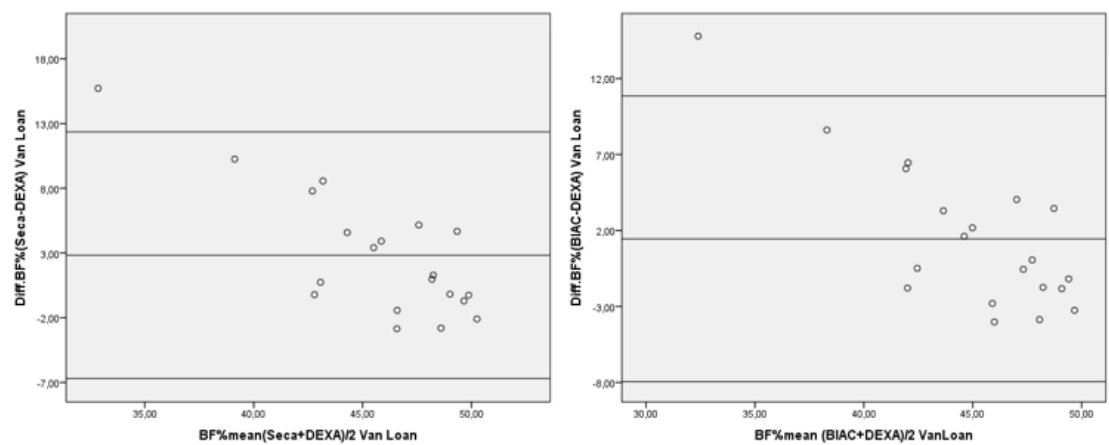


Abbildung 32 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Van Loan und Mayclin, 1987 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAc und DEXA (rechts)

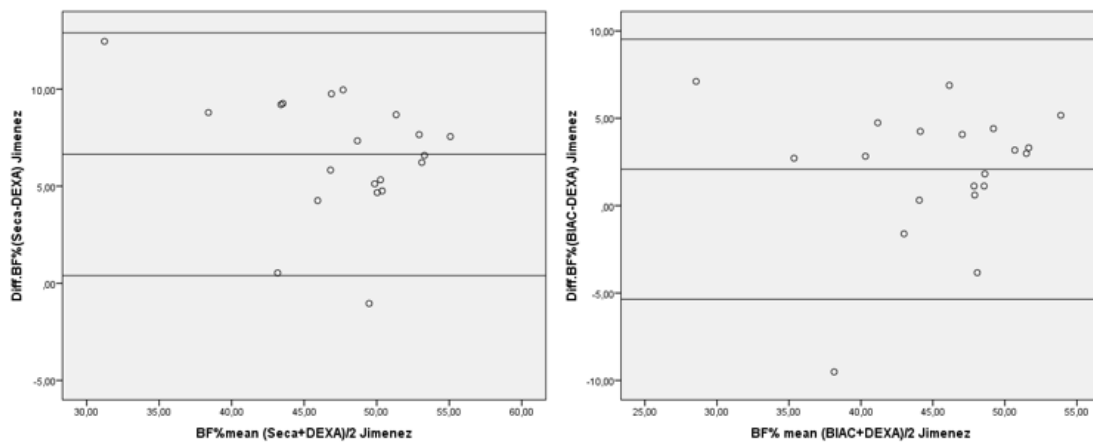


Abbildung 33 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Jiménez et al.,2012 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)

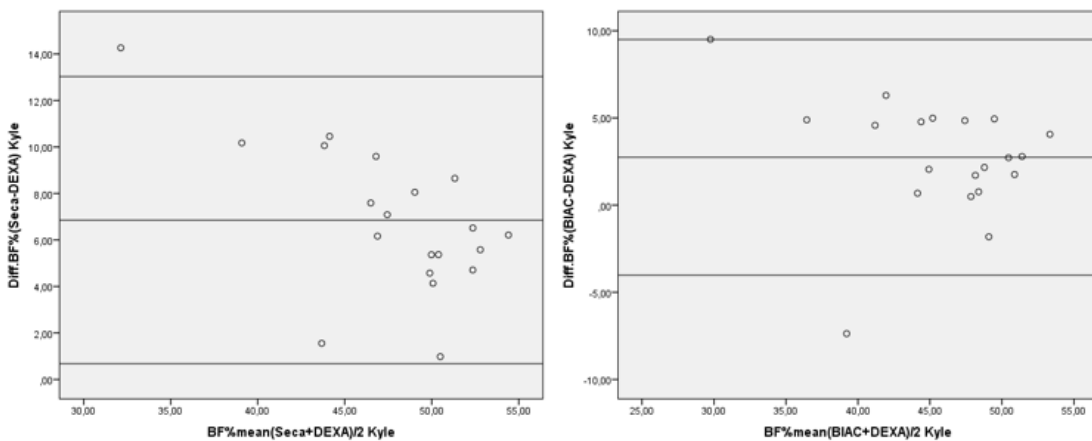


Abbildung 34 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Kyle et al.,2001 Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)

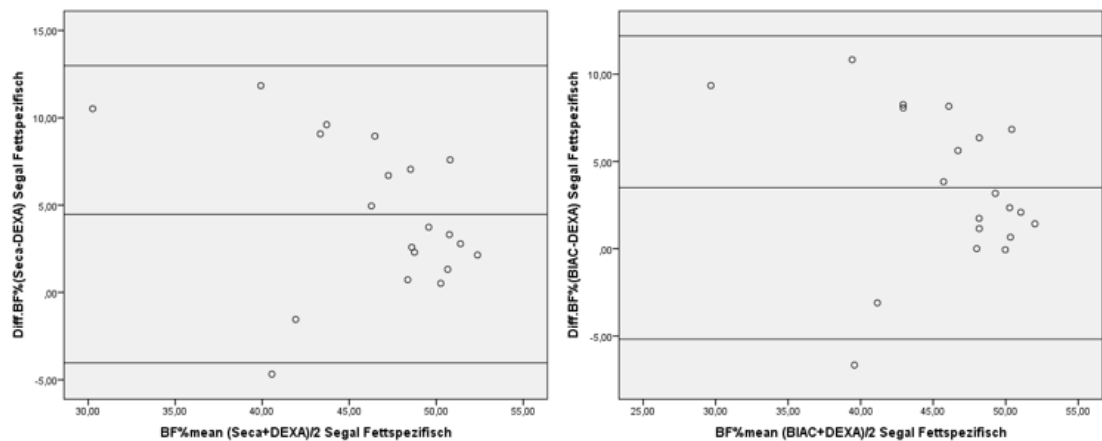


Abbildung 35 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Segal et al.,1988 fett-spezifisch Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)

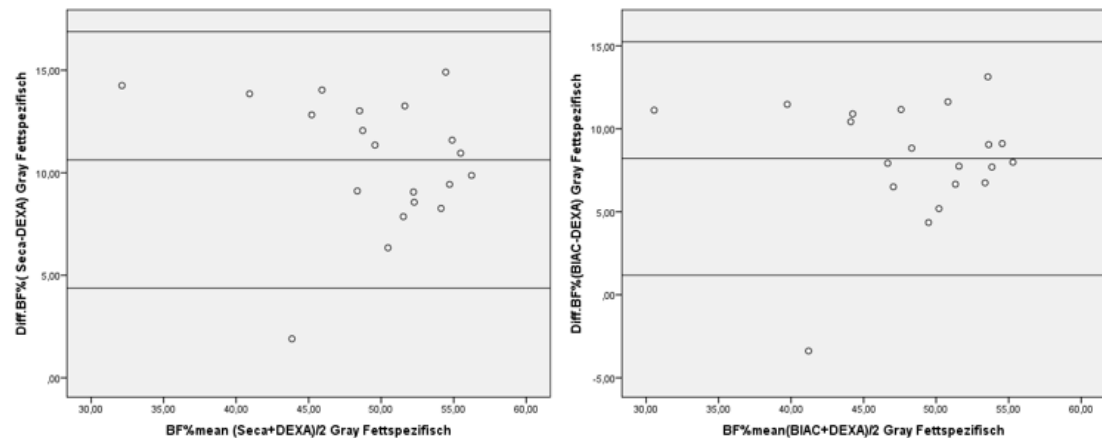


Abbildung 36 Im Vergleich % Körperfett berechnet nach Gray et al., 1989 fett-spezifisch Seca® und DEXA (links) bzw. BIAC und DEXA (rechts)

4.6 Vergleich Gesamtkörpermessung und Segmentalmessung mit Seca®

Ergebnisse ermittelt mit Subgruppe 2

Tabelle 26 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 2 Teil 1

	Frauen (n=101)	Männer(n=25)	Gesamt (n=126)
Alter	40,1±12,5	42,4±13,9	40,6±12,8
Größe(cm)	163,9±7,3	177,7±7,1	166,6±9,1
Gewicht (kg)	97,7±25,0	115,2±26,2	101,2±26,1

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 27 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 2 Teil 2

	Frauen (n=101)	Männer(n=25)	Gesamt (n=126)
BMI (kg/m²)	36,5±9,8	36,6±8,6	36,5±9,6
Bauchumfang (cm)	110,0±17,7	119,4±16,3	111,9±17,8
Albuminstatus(g/L)	42,3±2,8	43,8±3,5	45,6±2,9
Proteinstatus (g/L)	67,5±4,8	68,2±4,6	67,6±4,7

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 28 Kollektivbeschreibung prä-und postoperativ der Subgruppe 2

	Prä (n =34)	4Wo.-3Mo. Post (n= 30)	4-6Mo Post (n=24)	12-18 Mo. Post (n=22)	>18 Mo. Post (n=16)
Anzahl (Frauen/ Männer)	28/6	25/5	17/7	17/5	14/2
Alter	39,8±12,9	36,9±14,9	43,0±13,1	42,3±11,0	43,1±8,8
Größe (cm)	164,5±8,3	163,4±10,4	169,5±9,1	169,6±7,7	169,0±7,6
Gewicht (kg)	127,8±21,1	105,8±18,8	92,7±15,0	77,2±13,8	81,6±19,3
BMI (kg/m²)	47,2±7,5	39,4±4,4	32,2±4,3	26,8±4,7	28,4±5,3
Bauchumfang (cm)	129,7±12,5	115,3±11,4	106,3±12,0	94,1±10,4	99,2±15,8
Gewichtsverlust seit OP(kg)	-	19,3±14,6	36,2±9,0	51,6±16,2	47,3±16,9
Albumin g/L	43,2±2,3	41,6±3,0	42,8±3,0	42,8±2,5	42,2±4,2
Protein g/L	70,4±4,0	66,5±4,7	66,9±5,3	65,7±4,1	67,2±3,9

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 29 zeigt die mittleren Widerstandsmessungen der Segmente und zeigt, dass der mittlere Widerstand der Arme 59% des Gesamtkörperwiderstands ausmacht. Der Rumpf hat mit 3,5% nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtkörperwiderstand.

Tabelle 29 Resistanz, Reaktanz der Segmente gemessen mit Seca®

	Resistenz R(Ω)	Reaktanz X_c(Ω)
Arme(Mittelwert RA+LA)	306,8 $\pm$ 46,0	25,4 $\pm$ 4,1
Beine(Mittelwert RB+LB)	194,8 $\pm$ 31,5	16,0 $\pm$ 3,9
Rumpf	18,0 $\pm$ 3,0	1,6 $\pm$ 0,5
Gesamtkörper	520,1 $\pm$ 72,5	41,4 $\pm$ 7,5

Werte gegeben als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung

Tabelle 30 Resistanz der Segmente prä- und postoperativ gemessen mit Seca®

	Prä (n= 34)	4 Wo.- 3 Mo. Post (n=30)	4-6 Mo. Post (n=24)	12-18 Mo. Post (n=22)	>18 Mo. Post (n=16)
R(Ω) Gesamt	497,7 $\pm$ 63,0	534,8 $\pm$ 67,0*	517,5 $\pm$ 66,2	544,2 $\pm$ 86,4*	549,3 $\pm$ 57,7*
R(Ω) Arme	281,3 $\pm$ 33,8	314,4 $\pm$ 41,7*	305,4 $\pm$ 48,9	323,6 $\pm$ 54,6*	326,0 $\pm$ 39,1*
R(Ω) Beine	179,3 $\pm$ 34,0	200,4 $\pm$ 28,5*	194,8 $\pm$ 21,0	203,4 $\pm$ 34,9*	205,4 $\pm$ 30,8*
R(Ω) Rumpf	18,5 $\pm$ 2,7	20,1 $\pm$ 2,9	16,5 $\pm$ 2,0*	16,4 $\pm$ 3,1*	17,4 $\pm$ 1,9

Werte gegeben als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung

*p<0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Tabelle 31 Reaktanz der Segmente prä- und postoperativ gemessen mit Seca®

	Prä (n = 34)	4 Wo.- 3 Mo. Post (n=30)	4-6 Mo. Post (n=24)	12-18 Mo. Post (n=22)	>18 Mo. Post (n=16)
X_c(Ω) Gesamt	43,6±8,0	42,0±6,7	38,4±5,4	39,8±7,8	42,7±8,8
X_c(Ω) Arme	25,9±4,0	25,5±3,8	23,9±3,7	25,0±4,8	26,6±4,1
X_c(Ω) Beine	17,2±4,7	16,4±3,3	14,9±2,3	15,0±3,6	16,2±5,0
X_c(Ω) Rumpf	1,9±0,5	1,7±0,4	1,3±0,4*	1,3±0,4*	1,5±0,5*

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

*p<0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukey's Test

Die Resistanz des Gesamtkörpers, sowie der Arme und Beine ist in den postoperativen Gruppen höher als präoperativ. Vergleicht man die einzelnen Messzeitpunkte, so zeigt sich der größte Unterschied zu präoperativen Messungen in der Resistanz R der Arme und Beine bei Messungen nach über 18 Monaten postoperativ. Die Resistanz der Arme ist signifikant um 44,7Ω höher und die der Beine um 26,1 Ω. Die Reaktanz in Armen und Beinen unterscheidet sich prä- und postoperativ nicht signifikant. Die Reaktanz des Rumpfes ist in den postoperativen Gruppen 4 Monate bis über 18 Monate signifikant niedriger als präoperativ.

4.7 Extrazelluläres Wasser (EZW), intrazelluläres Wasser (IZW), EZW/IZW Verhältnis

Ergebnisse ermittelt mit Subgruppe 2 (siehe **Tabelle 26** und **Tabelle 27**)

In der Subgruppe von 126 Patienten beträgt das mittlere EZW (19,9± 3,4) L, das mittlere IZW (22,5±5,3)L und das mittlere EZW/IZW Verhältnis (0,9± 0,1).

Tabelle 32 EZW, IZW und EZW/IZW Verhältnis prä- und postoperativ

	Prä (n =34)	4Wo.-3 Mo. Post (n= 30)	4-6 Mo. Post (n=24)	12-18 Mo. Post (n=22)	>18 Mo. Post (n=16)
EZW	21,61±3,5	19,0±3,5*	20,3±3,3	19,1±3,2*	18,6±2,7*
IZW	25,5±4,9	21,3±5,2*	22,4±5,6	20,9±4,5*	20,9±5,2*
EZW/IZW Verhältnis	0,85±0,07	0,91±0,08	0,93±0,09*	0,93±0,09*	0,91±0,11

Werte angegeben als Mittelwerte± Standardabweichung,

*p< 0,05 im Vergleich zu Prä, ANOVA, Tukeys Test

EZW und IZW sind postoperativ geringer als in der präoperativen Gruppe. Es zeigt sich eine signifikant höheres EZW und IZW bei präoperativen Messungen im Vergleich zu den Messungen 4 Wochen bis 3 Monate postoperativ bzw. im Vergleich zu Messungen in den Gruppen 12 Monate- 18 Monate und über 18 Monate. Das EZW/IZW Verhältnis ist postoperativ höher als präoperativ, signifikant bei präoperativen Messungen und 4 Monate- 18 Monate postoperativ.

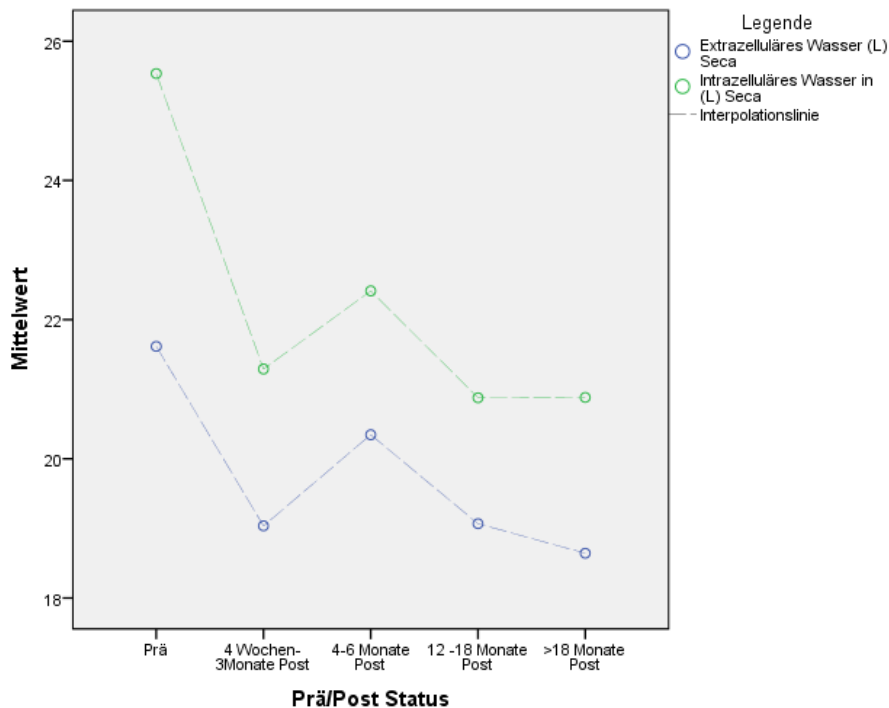


Abbildung 37 EZW und IZW der prä-und postoperativen Gruppen

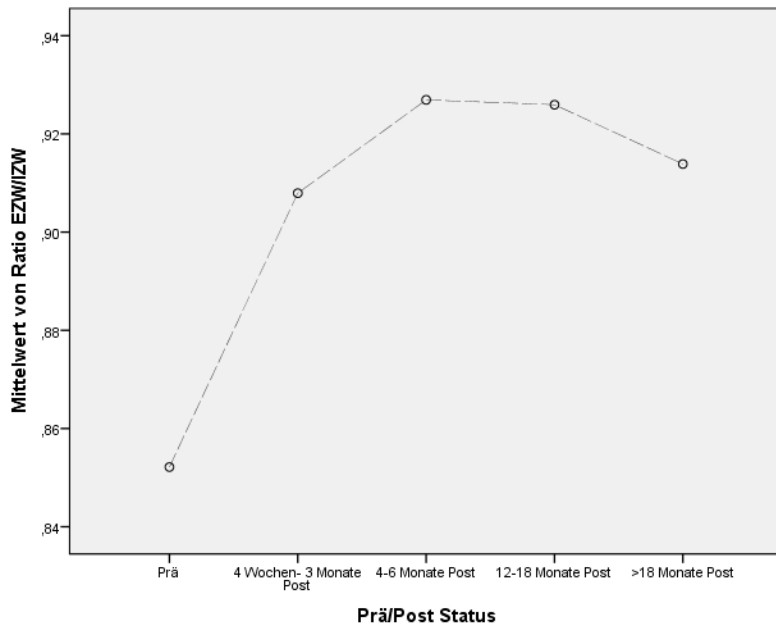


Abbildung 38 EZW/IZW Verhältnis der prä- und postoperativen Gruppen

4.8 Körperzusammensetzung mit Seca®-eigener Prädiktionsformel

Ergebnisse ermittelt mit Subgruppe 2 (siehe **Tabelle 26** und **Tabelle 27**)

Tabelle 33 Körperzusammensetzung ermittelt mit Seca®-eigener Prädiktionsformel

	Frauen (n=101)	Männer(n=25)	Gesamt (n=126)
FFM(kg)	53,0 ± 7,6	74,5 ± 9,0	57,3 ± 11,6
Körperfett(kg)	44,7 ± 19,9	40,7 ± 20,3	43,9 ± 19,9
Körperfett(%)	43,6 ± 10,2	33,5 ± 10,5	41,6 ± 11,0

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Wie bereits im Gesamtkollektiv mit den anderen Prädiktionsformeln berechnet, weisen Männer auch mit Seca® eigener Prädiktionsformel eine höhere FFM(kg) und eine niedrigere FM(kg) bzw. FM(%) auf als Frauen.

4.9 Vergleich Körperfettanteil ermittelt mit Seca®-eigener Prädiktionsformel und DEXA

Ergebnisse ermittelt mit Subgruppe 3

Tabelle 34 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 3

	Frauen (n=16)	Männer(n=2)	Gesamt (n=18)
Alter	42,1±13,5	37,5±21,9	41,6±13,8
Größe(cm)	161,8±8,4	171,5±10,6	162,8±8,9
Gewicht (kg)	120,3±13,1	126,3±0,8	120,9±12,5
BMI (kg/m²)	46,1±6,1	43,0±5,7	45,7±6,0
Bauchumfang (cm)	124,4±10,4	131,5±4,9	125,2±10,1
Albuminstatus(g/L)	43,4±1,7	43,7±0,3	43,5±1,6
Proteinstatus (g/L)	70,4±3,4	72,3±2,7	70,6±3,2

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Der mittlere Körperfettanteil ermittelt mit DEXA beträgt 44,4 ± 6,7 %.

Tabelle 35 Differenz und Übereinstimmungsgrenzen Körperfettanteil Seca® und DEXA

	Differenz ± Standardabweichung	Obere Übereinstimmungsgrenze	Untere Übereinstimmungsgrenze
Körperfett% Seca®- Prädiktionsformel	6,2±2,4	10,9	1,5

Werte gegeben als Mittelwerte

Die Abbildung 39 zeigt den Vergleich des ermittelten Körperfettanteils mit DEXA und Seca® grafisch dargestellt. Die oberste und unterste Linie sind die obere und untere Übereinstimmungsgrenze. An der mittleren Linie lässt sich die Differenz der BIA-FM% - DEXA FM% ablesen. DEXA FM% ist an der Stelle Null der Y- Achse. (hier nicht als Linie eingezeichnet)

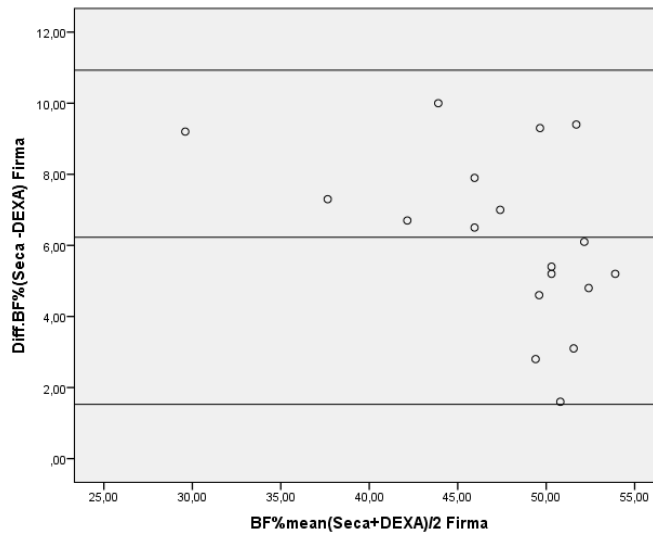


Abbildung 39 Im Vergleich %Körperfett berechnet mit Seca®-eigener Formel und DEXA

Die Seca®-eigene Prädiktionsformel führt zu einer mittleren Überschätzung des Körperfettanteils von 6,2%. Bei Personen mit höheren Körperfettanteilen zeigt sich eine Annäherung zu den DEXA Werten. Das Bland Altman Diagramm zeigt, dass der Körperfettanteil in 95% der Fälle bis zu 10,9 Körperfett% höher ist, als durch die DEXA Messung ermittelt. Eine Unterschätzung ist in 95% der Fälle nicht zu erwarten.

4.10 Vergleich der Segmente Arme und Beine zwischen BIAC und Seca®

Ergebnisse mit Subgruppe 4 ermittelt.

Tabelle 36 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 4 Teil 1

	Frauen (n=16)	Männer(n=2)	Gesamt (n=20)
Alter	39,5±13,8	32,8±14,6	37,8±13,9
Größe(cm)	162,3±6,8	178,0±8,1	166,2±9,8
Gewicht (kg)	89,5±16,1	98,4±6,9	91,7±14,7

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 37 Kollektivbeschreibung der Subgruppe 4 Teil 2

	Frauen (n=16)	Männer(n=2)	Gesamt (n=20)
BMI (kg/m²)	33,9±5,8	31,2±4,0	33,2±5,4
Bauchumfang (cm)	102,9±10,5	107,6±4,5	104,1±9,5
Albuminstatus(g/L)	42,4±3,0	43,4±1,8	42,6±2,8
Proteinstatus (g/L)	66,5±5,3	65,4±4,6	66,2±5,0
Oberschenkelumfang rechts (cm)	63,7±6,7	55,8±5,9	61,7±7,2
Oberschenkelumfang links (cm)	63,8±6,8	56,5±6,6	62,0±7,4
Oberarmumfang rechts (cm)	36,8±6,0	33,0±2,7	35,9±5,6
Oberarmumfang links (cm)	36,2±5,9	32,8±2,7	35,4±5,5

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

Tabelle 38 Resistanz und Reaktanz der Arme und Beine mit Seca® und BIAC gemessen

	BIAC	Seca®	Differenz
R (Ω) RA+LA	508,3 ± 75,2	634,3 ± 83,1	-126,0 ± 16,9*
X_c (Ω) RA+LA	44,1 ± 6,0	49,6 ± 7,3	-5,5 ± 2,3*
R (Ω) RB+LB	387,6 ± 54,3	407,3 ± 55,6	-19,7 ± 8,5*
X_c (Ω) RB+LB	36,9 ± 7,3	31,5 ± 6,6	5,3 ± 1,8*

Werte angegeben als Mittelwerte ± Standardabweichung

RA = Rechter Arm; LA = linker Arm; RB = Rechtes Bein; LB = Linkes Bein

*p<0,05 T-Test bei gepaarter Stichprobe, Bonferroni Korrektur

Die gemessenen Widerstände der Arme und Beine unterscheiden sich signifikant zwischen dem BIAC und dem Seca® Gerät. Seca® misst höhere Resistanz Widerstände der Arme und Beine, vor allem die beiden Arme zeigen mit einer mittleren Differenz von $(126,0 \pm 16,9) \Omega$ einen deutlichen Unterschied. Die Reaktanz X_c in den Armen ist um $(-5,5 \pm 2,3) \Omega$ höher als bei der BIAC Messung, in den Beinen werden allerdings mit BIAC Gerät höhere Reaktanz Widerstände ermittelt.

4.11 Körpergröße geschätzt und gemessen

Ergebnisse in Subgruppe 5 ermittelt.

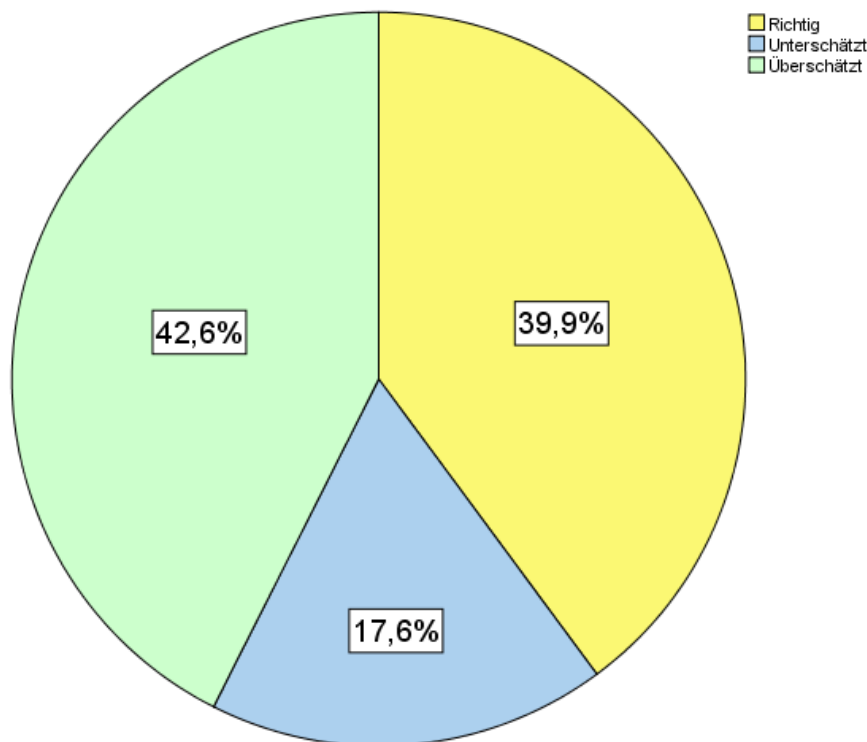


Abbildung 40 Einschätzung der Körpergröße in %

59 Patienten konnten ihre Größe auf 1 cm genau einschätzen. 26 Patienten unterschätzen ihre Größe und 63 Patienten überschätzten sie.

38,3% der Frauen und 43,9% der Männer konnten ihre Größe richtig einschätzen. 7,3% der Männer und 21,5% der Frauen unterschätzen ihre Größe, 48,8% der Männer und 40,2% der Frauen überschätzten ihre Größe.

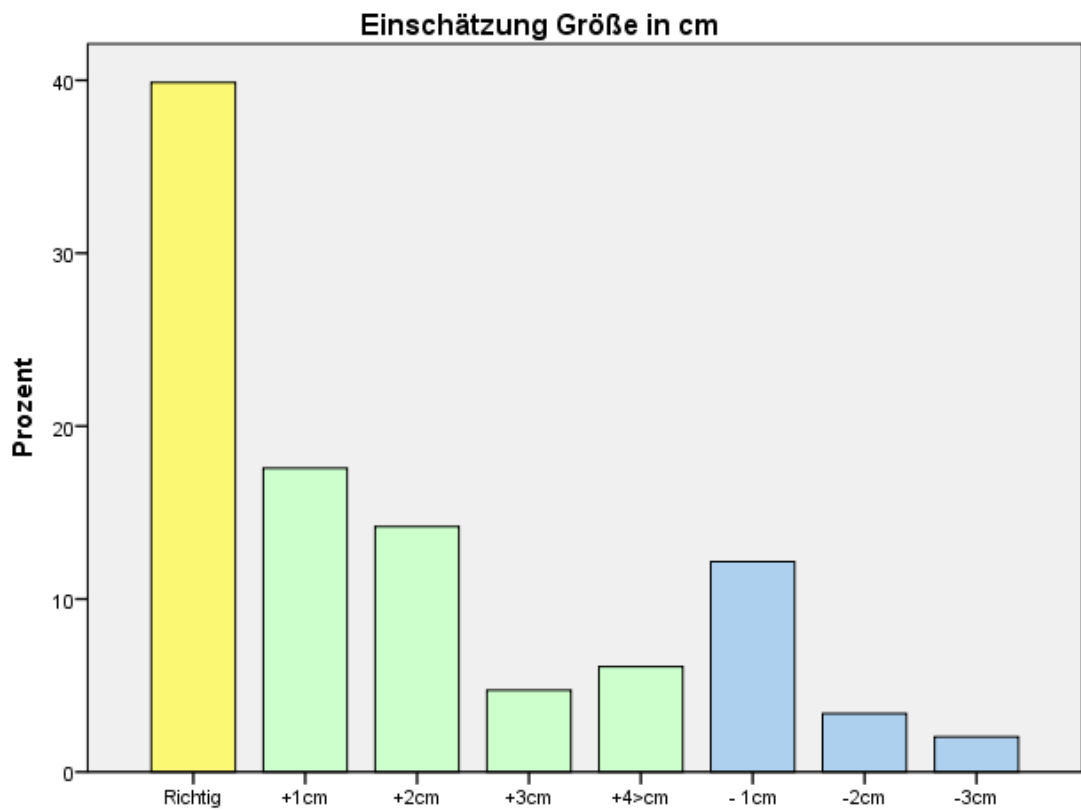


Abbildung 41 Einschätzung der Körpergröße in cm

26 Personen (17,6%) überschätzen ihre Größe um 1 cm, 21 Patienten (14,2%) um 2cm, 7 Patienten (4,7%) um 3 cm und 9 Patienten (6,1%) um 4 cm oder mehr. 18 Patienten (12,2%) unterschätzen ihre Größe um 1cm, 5 Patienten (3,4%) um 2cm und 3 Patienten (2%) um 3cm.

5 DISKUSSION

5.1 R, X_c und Phasenwinkel im Vergleich BIAC und Seca®

Ein Vergleich der Widerstände R und X_c, gemessen bei 50kHz zeigt, dass mit Seca® eine signifikant höhere Resistanz $R = (72,17 \pm 21,67)\Omega$, sowie eine signifikant niedrigere Reaktanz $X_c = (-0,7 \pm 3,4)\Omega$ und ein signifikant niedrigerer Phasenwinkel $(-0,85 \pm 0,28)^\circ$ ermittelt wird. Dadurch ergibt sich der Faktor 1,16 für den Resistanzunterschied, 0,98 für den Reaktanzunterschied und 0,83 für den Phasenwinkelunterschied zwischen Seca® und BIAC. Unterschiede in diesem Bereich zeigen sich auch bei Männern und Frauen, sowie in den einzelnen prä- und postoperativen Gruppen.

Unterschiede in der Ermittlung der Gesamtkörperwiderstände zwischen den beiden Geräten könnten zum Teil, durch die unterschiedliche Messung erklärt werden. BIAC, das eine tetrapolare Messung durchführt, misst den Widerstand der rechten Körperseite zwischen Handgelenk und Fußgelenk. Seca® führt eine Messung mit acht Elektroden durch, wodurch sich der Gesamtwiderstand aus rechtem und linkem Arm, Rumpf sowie rechtem und linkem Bein zusammensetzt. Ein weiterer Unterschied, besteht durch die Elektrodenanordnung. Während mit BIAC die Elektroden an Hand- und Fußrücken platziert werden, besteht bei Seca® der Kontakt zwischen den Elektroden und der Handinnenseite bzw. des Fußballen und der Ferse. Dies könnte zu einem Unterschied in der gemessenen Strecke zwischen den beiden Geräten führen.

Durch die Segmentalmessungen mit BIAC in der Subgruppe 4 ist eine differenziertere Betrachtung der Widerstandsunterschiede zwischen den Geräten möglich. Die Ergebnisse aus 4.10 zeigen, dass besonders die Arme zu dem Widerstandsunterschied zwischen BIAC und Seca® beitragen. Mit Seca® werden um $213,3\Omega$ höhere Widerstände der Arme gemessen. Eine mögliche Erklärung könnte die unterschiedliche Position der Arme sein. Bei der Messung mit Seca® sind die Arme in einem größeren Abstand zum Körper positioniert als bei der

Messung mit BIAC. Es wurde bereits beobachtet, dass der gemessene Widerstand zunimmt, je weiter die Arme vom Körper entfernt sind. [NICHOLS *et al.*, 2006] Außerdem zeigen Ergebnisse aus Subgruppe 4, dass die Arme mit dem geringsten Durchmesser (Oberarmumfang) den höchsten Anteil an der Gesamtimpedanz aufweisen. Je geringer der Durchmesser eines elektrischen Leiters ist, umso größer ist der gemessene Widerstand. Daher weisen die Arme und Beine den größten Anteil an der Impedanz im menschlichen Körper auf. Der Rumpf hat nur einen vernachlässigbar geringen Anteil an der Gesamtimpedanz, aufgrund des großen Durchmessers, speziell bei Adipösen. [BUCHHOLZ, BARTOK und SCHÖLLER, 2004]

Die Unterschiede des Phasenwinkels im Gesamtkollektiv könnten sich einerseits dadurch ergeben, dass die Resistanz gemessen mit Seca® höher ist, aber die Reaktanz nicht proportional zunimmt. Eine andere Erklärung könnte eine unterschiedliche Verteilung des Körperwassers sein, da der Phasenwinkel auch als Indikator für die Verteilung des Wassers zwischen dem extra- und intrazellulären Raum verwendet wird. Ein hoher Phasenwinkel deutet somit auf ein niedriges EZW/IZW Verhältnis hin. [SCHWENK *et al.*, 2000]

Möglicherweise könnten mit Seca® gemessene Patienten eine andere Verteilung des Wassers aufweisen, als jene, die mit BIAC gemessen wurden. Dies könnte durch die stehende bzw. liegende Position der Fall sein. Da Seca® einen niedrigeren Phasenwinkel als BIAC misst, könnten Patienten in stehender Position mehr extrazelluläres Wasser in den Armen und Beinen aufweisen, als dies in liegender Position der Fall wäre. Dass sich das Körperwasser der Extremitäten durch die liegende Position auch im Rumpf verteilt, wurde bereits diskutiert bzw. dass bei stehender Position vor allem eine Verlagerung in den vorderen Extremitäten erfolgt. [OSHIMA und SHIGA, 2006] Inwieweit dies das extrazelluläre Wasser betrifft ist allerdings fraglich.

5.2 FFM, FM und FM in % zwischen BIAC und Seca®

Auch nach Berechnung der FFM, FM und FM in % mit unterschiedlichen Prädiktionsformeln im Gesamtkollektiv zeigt sich ein Unterschied zwischen den Geräten. Je nach Wahl der Formel ergibt sich mit Seca® im Vergleich zu BIAC ein Unterschied in der FFM(kg) von -1,7kg (Van Loan et al.) bis -7,3 kg (Lukaski et al.). Für die FM in kg ergibt sich ein Unterschied von 1,7kg (Van Loan et al.) bis 6,9 kg (Lukaski et al.) und für die FM in % ein Unterschied von 1,8 Körperfett% (Segal et al.) bis 6,9 Körperfett% (Lukaski et al.).

Betrachtet man die Formeln, so zeigt sich, dass in der Formel von Lukaski et al. das Alter in der Formel nicht berücksichtigt wird, in den Formeln von Van Loan et al. und Segal et al. hingegen schon. Dies könnte möglicherweise eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse der Formeln sein. Auch in den Formeln von Jiménez et al. und Kyle et al. wird das Alter nicht berücksichtigt. Hier ergeben sich auch größere Unterschiede für die FFM (-5,4kg bzw. -4,9)kg zwischen den beiden Geräten als mit der Formel von Gray et al. (-3,2)kg, die das Alter ebenfalls berücksichtigen.

Bei der Anwendung der Formel von Gray et al. zeigt sich dies auch im Vergleich von Männern und Frauen. Die Formel für die FFM(kg) berücksichtigt das Alter nur bei den Frauen, jedoch nicht bei den Männern. Hier zeigt sich ein Unterschied zwischen Seca® und BIAC bei Frauen von -2,6kg und bei Männern ein Unterschied von -5,5kg. Allerdings zeigen sich auch bei den anderen Formeln unterschiedliche Differenzen bei Männer und Frauen. Mit der Formel von Lukaski et al. ergibt sich ein Unterschied zwischen Seca® und BIAC bei Frauen von -6,2kg und bei Männern ein Unterschied von -10,1kg. Die Formel von Jiménez et al. führt zu einem Unterschied von -4,7kg bei Frauen und einem Unterschied von 1,1 kg bei Männern. In diese beiden Formeln wird auch die Reaktanz berücksichtigt. Mit Ausnahme der Formel von Jiménez et al. zeigen sich für Männer somit größere Unterschiede in der ermittelten FFM durch Seca® und BIAC.

Trotz der zum Teil signifikanten Unterschiede in den Differenzen innerhalb der jeweiligen Prädiktionsformel für die ermittelten FFM, FM und FM% zwischen den prä- und postoperativen Gruppen, ist kein Einfluss durch eine der prä- oder postoperativen Gruppen auf die Messunterschiede zu erwarten, da sich die Differenzen innerhalb der jeweiligen Prädiktionsformel in einem ähnlichen Bereich belaufen.

5.3 Parameter zur Beurteilung eines Therapieerfolgs in prä- und postoperativen Gruppen

Eine Betrachtung der prä- und postoperativen Gruppen des Gesamtkollektivs zeigt, dass die postoperativen Gruppen ein signifikant niedrigeres Gewicht, sowie BMI, Bauchumfang und Körperfett als die präoperative Gruppe aufweisen.

Die postoperative Gruppe über 18 Monate weist (nicht signifikant) höhere Werte dieser Parameter auf, als die Gruppe 12- 18 Monate postoperativ. Dies könnte ein Hinweis sein, dass Patienten nach über 18 Monaten postoperativ wieder Veränderungen in ihrem Ernährungs- bzw. Bewegungsverhalten aufweisen. Eine intensivere Beratung für Patienten, die schon länger als 18 Monate postoperativ sind, könnte hier vorgeschlagen werden. Die Resistanz verhält sich umgekehrt und zeigt, dass die postoperativen Gruppen eine höhere Resistanz aufweisen, als die präoperative Gruppe. Die Gruppe > 18 Monate weist wieder (nicht signifikant) niedrigere Werte der Resistanz auf. Dies kann als Verlust an Wasser interpretiert werden und damit als Therapieerfolg bewertet werden.

Der Phasenwinkel ist in den postoperativen Gruppen niedriger als in der präoperativen Gruppe. Dies könnte ein Hinweis auf den Abbau von Muskelmasse sein. Auch die Werte der FFM deuten darauf hin, da diese in den postoperativen Gruppen niedriger sind, als präoperativ. Da der Phasenwinkel auch das EZW/IZW Verhältnis widerspiegelt, könnte dies u.a. mit einer Mangelernährung zusammenhängen, wie dies noch in 5.6 diskutiert wird.[SCHWENK *et al.*, 2000]

Aussagen über Therapieerfolge sind in diese Arbeit nur bedingt möglich, da es sich nicht um Verlaufsmessungen derselben Personen handelt und sich die Gruppen in Hinsicht auf Alter, Größe, Geschlechtsverteilung etc. unterscheiden.

5.4 Übereinstimmung des Körperfettanteils ermittelt mit BIAC bzw. Seca® und DEXA als Referenz

Die Ergebnisse aus 4.5 in Subgruppe 1 zeigen, dass die Prädiktionsformel von Van Loan et al. gut geeignet für die Ermittlung des Körperfettgehalts mit BIAC ist, da kein signifikanter Unterschied zur DEXA Messung beobachtet wurde und bei Patienten mit einem hohen Körperfettgehalt eine gute Übereinstimmung ersichtlich ist. Jedoch zeigte das Bland-Altman Diagramm, dass die Überschätzung des Körperfettanteils bei Körperfettgehalten unter 40% zunimmt.

Die Körperfettanteile ermittelt mit Jiménez et al. Formel unterscheiden sich zwar signifikant von DEXA, zeigen aber verhältnismäßig gute Übereinstimmungsgrenzen von +9,5% und -5,4% Körperfett. Die Formel von Jiménez et al. wurde als einzige für morbid Adipöse validiert [Jiménez et al., 2012]. Die anderen Formeln beziehen sich auf eine normal- bzw. übergewichtige Population bzw. die Formeln von Gray et al. und Segal et al. auch auf eine adipöse Population [STOLARCZYK et al., 1997], [KYLE et al., 2001].

Anhand dieser Vergleiche mit DEXA lässt sich schlussfolgern, dass mit BIAC eine bessere Übereinstimmung mit DEXA erzielt werden konnte als mit Seca®.

Eine Generalisierung auf morbid adipöse Patienten ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Hydrationsstatus und Einfluss der Körpergeometrie sind bei adipösen Patienten Gründe, weshalb sich eine Ermittlung des Körperfettanteils mittels BIA als schwierig herausstellt. Studien mit adipösen Personen zeigen tendenziell eine Überschätzung der FFM und eine Unterschätzung der FM. Die Ergebnisse aus 4.5 in Subgruppe 1 zeigen jedoch eine Unterschätzung der FFM und eine Überschätzung der FM bei morbid adipösen präoperativen Patienten.

Eine weitere Beobachtung in vorangegangenen Studien zeigt, dass bei einem höheren Körperfettanteil die Ermittlung tendenziell ungenauer bzw. noch weiter unterschätzt wird. [PATEYJOHNS *et al.*, 2006] In 4.5 wurde bei Personen mit geringerem Körperfettanteil eine größere Überschätzung des Körperfettanteils beobachtet. Mit zunehmendem Körperfettanteil konnte tendenziell eine bessere Übereinstimmung mit DEXA erzielt werden. Eine tendenzielle Unterschätzung des Körperfettanteils bei adipösen Personen, wie häufig beobachtet wurde, wird damit erklärt, dass Gesamtkörperwasser und relatives extrazelluläres Wasser bei adipösen Personen im Vergleich zu Normalgewichtigen erhöht ist. [STEIJAERT *et al.*, 1997]; [PATEYJOHNS *et al.*, 2006]

Eine Studie, in der zwei unterschiedliche BIA Geräte miteinander verglichen wurden, kam zu dem Ergebnis, dass mit einem BIA Gerät in liegender Position und tetrapolarer Messung eine leichte Unterschätzung der FM bei adipösen Personen ermittelt wurde, aber mit dem BIA Gerät in stehender Position und acht polarer Messung ebenfalls einer Überschätzung der Fettmasse ermittelt wurde. Eine Erklärung für die Überschätzung könnte der erhöhte Anteil an Gesamtkörperwasser im Rumpf adipöser Personen sein. Da der Rumpf nur einen geringen Anteil an der Gesamtimpedanzmessung hat, kommt es in weiterer Folge zu einer Unterschätzung der FFM und einer Überschätzung der FM. [PATEYJOHNS *et al.*, 2006]

Die Ergebnisse des DEXA-Vergleiches könnten aber auf präoperative Patienten dieser Masterarbeit übertragbar sein, eventuell auch auf die Gruppe 4 Wochen – 3 Monate postoperativ, da es sich hier zum Teil noch um morbid adipöse Patienten handelt. Des Weiteren sind diese Ergebnisse besser auf Frauen als auf Männer zu übertragen, da nur 3 der 20 DEXA Patienten Männer waren. Der Körperfettanteil berechnet bei Frauen geht häufig mit einer größeren interindividuellen Variabilität einher, aufgrund der Hydrationschwankungen im Laufe des weiblichen Zyklus. [STOLARCZYK *et al.*, 1997] Dies könnte auch die Streuung der Differenzen zwischen DEXA und den errechneten Körperfettanteilen erklären.

Limitation der DEXA Messung müssen bei diesen Ergebnissen auch in Betracht gezogen werden. Zum einen könnte ein Gewebsüberlagern auf der Gerätefläche erfolgt sein, wenn der adipöse Patient nicht ausreichend Platz gehabt hat. Abweichungen der Messergebnisse sind die Folge. [BROWNBILL und ILICH,2005] Bei zunehmender Dicke des Gewebes zeigen sich größere Fehler bei der Ermittlung des Körperfettanteils. Dies kann, wie in einer Studie von LaForgia et al., in einer Über- aber auch Unterschätzung des Körperfettanteils resultieren [LAFORGIA et al., 2009]. Eine Überschätzung des Körperfettanteils durch DEXA würde im Fall der Ergebnisse in dieser Arbeit zu einer noch größeren Diskrepanz zwischen den beiden BIA Geräten und DEXA führen.

5.5 Körpersegmente und deren Widerstände ermittelt mit Seca®

In Subgruppe 2 wurden die Resistenzen der Arme, Beine und des Rumpfes separat ermittelt. Hier zeigt sich, dass die Arme, die den geringsten Durchmesser aufweisen, 59% zur Gesamtresistenz beitragen, die Beine 37,5% und der Rumpf, mit dem größten Durchmesser trägt nur 3,5% zum Gesamtwiderstand bei.

Ein Vergleich der prä- und postoperativen Gruppen zeigt, dass die Resistenz in den postoperativen Gruppen in allen Segmenten größer ist. Die größte Differenz der Resistenz von Armen und Beinen zeigt sich zwischen der präoperativen Gruppe und der Gruppe über 18 Monate postoperativ. Die Resistenz der Arme ist um $44,7\Omega$ größer bzw. die der Beine um $26,1\Omega$. Eine höhere Resistenz in den postoperativen Gruppen zeigt, dass die postoperativen Gruppen weniger Wasser aufweisen als die präoperative Gruppe. Ein Wasserverlust nach dem bariatrischen Eingriff kann mit einer Abnahme der FFM(kg) assoziiert sein, sowie einer Abnahme an Glykogen-gebundenem Wasser. [DEUERENBERG, WESTSTRATE und HAUTVAST, 1989]

5.6 EZW, IZW und EZW/IZW Verhältnis ermittelt mit Seca®

In Subgruppe 2 wurde ein erhöhter EZW- Gehalt und EZW/IZW Verhältnis ermittelt. In den postoperativen Gruppen ist der EZW- Gehalt zwar geringer, jedoch ist

dieser noch immer über dem Normalbereich, auch in der Gruppe > 18 Monate postoperativ. Ein erhöhter EZW- Gehalt bzw. ein erhöhtes EZW/IZW Verhältnis bei adipösen Patienten nach Gewichtsreduktion konnte auch in anderen Studien beobachtet werden. [LICHTENBELT and FOGELHOLM, 1999],[MAZARIEGOS *et al.*, 1992] Mazariegos *et al.* untersuchte ebenfalls adipöse Patienten vor und nach einem bariatrischen Eingriff. Präoperativ lag der EZW- Gehalt bei $(20,2 \pm 4,6)$ L und das EZW/IZW Verhältnis bei $0,82 \pm 0,2$. Nach $(20,4 \pm 9,6)$ Monaten postoperativ lag das mittlere EZW bei $(19,5 \pm 4,5)$ L und das EZW/IZW Verhältnis bei $1,09 \pm 0,3$. Die Kontrollgruppe mit Normalgewichtigen wies ein EZW von $(12,1 \pm 1,0)$ L und ein EZW/IZW Verhältnis von $0,63 \pm 0,06$ auf. [MAZARIEGOS *et al.*, 1992]

Eine mögliche Erklärung für ein erhöhtes EZW kann eine Proteinmangelernährung sein.[MAZARIEGOS *et al.*, 1992] In der Subgruppe 2 liegt der Albuminstatus bei den postoperativen Patienten im Normalbereich, der Gesamt-Proteinstatus liegt an der unteren Grenze des Normalbereichs. Dies könnte eine mögliche Erklärung für das erhöhte EZW in den postoperativen Gruppen sein.

Mazariogos *et al.* diskutierten auch, dass das EZW/IZW Verhältnis bei adipösen Personen möglicherweise irreversibel hoch bleibt. Eine Erklärung könnte sein, dass die Dauer und Schwere der Adipositas zu einer irreversiblen Veränderung der Flüssigkeitsregulation oder Hämodynamik führt oder, dass der bariatrische Eingriff einen Defekt in der Flüssigkeitsregulation nach sich zieht. In der Studie von Mazariegos *et al.* zeigten sich auch erhöhte Natriumwerte in Relation zu Kalium in den prä- und postoperativen Patienten, das möglicherweise aufgrund hormoneller Veränderungen entstanden ist und dadurch auch ein irreversibel hohes EZW/IZW Verhältnis erklärt. [MAZARIEGOS *et al.*, 1992]

5.7 Übereinstimmung Seca®-eigene Prädiktionsformel mit DEXA

In der Subgruppe 2 konnte die FFM auch mit der Seca® eigenen Prädiktionsformel berechnet und daraus auch FM und FM in % ermittelt werden. Ein Vergleich

mit DEXA in Subgruppe 3 zeigt, dass mit der Seca® eigenen Formel das Körperfett im Mittel um 6,2% überschätzt wird. Auch die Übereinstimmungsgrenzen zeigen, dass eine Überschätzung bis zu 10,9% an Körperfett möglich ist. Die schlechte Übereinstimmung der Seca®- eigenen Prädiktionsformel mit DEXA kann u.a. daran liegen, dass die Formel nicht für morbid Adipöse Personen validiert wurde, sondern für gesunde Erwachsene in einem BMI Bereich von 19,8-33,7kg/m².

5.8 Vergleich der Körpergröße geschätzt und gemessen

Die Ergebnisse aus 4.11 zeigen, dass 42,6% der Patienten ihre Körpergröße richtig einschätzen konnten. Besonders Männer, aber auch Frauen tendierten dazu, ihre Größe zu überschätzen. Diese Fehleinschätzung beträgt zumeist 1- 2cm, es wurden aber auch Überschätzungen von 4cm oder mehr beobachtet. Dies zeigt deutlich, dass die Messung der Körpergröße wichtig ist, wenn diese wie im Falle der BIA Messung für die Ermittlung der FFM herangezogen wird, aber auch für die Auswertung von Studien, in denen die Körpergröße berücksichtigt wird, sollte der Wert gemessen und nicht vom Patienten selbst eingeschätzt werden.

5.9 Limitationen

Eine Limitation dieser Masterarbeit stellt die Zusammensetzung des ausgewerteten Kollektivs dar, da es sich nicht bei allen prä- und postoperativen Messungen um unabhängige Messungen handelt. 15 Patienten, die bereits einmal gemessen wurden, wurden bei einer weiteren Messung nicht ausgeschlossen. Die Ergebnisse sollten dadurch nicht wesentlich beeinflusst worden sein, aber diese Zusammensetzung muss bei der Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Durchführung der BIAC Messung. Es wird empfohlen, dass der Patient 5-10 Minuten ruhig am Rücken liegt, bevor mit der Messung begonnen wird [ROCHE *et al.*, 1996]. Aufgrund der zeitlichen Einschränkung in der Ambulanz, konnte nicht für jeden Patienten dieser Zeitraum

eingehalten werden, wodurch sich möglicherweise Abweichungen der Widerstandsmessungen ergeben haben.

Die Werte für das EZW wurden anhand der BIA Messung mit Seca® erfasst. Für eine genaue Ermittlung sollte das EZW zusätzlich mit direkter Methode erfasst werden, wie z.B. mit der Verdünnungsmethode.

Die Messung des Bauchumfangs stellt sich besonders bei postoperativen Patienten als schwierig heraus und muss daher gut standardisiert sein. Des Weiteren muss auf ein ausreichend langes Maßband geachtet werden, dass auch Bauchumfänge von mehr als 150cm erfassen kann. Auch die Messung des Oberarm- und Oberschenkelumfangs stellt sich als ungenau heraus, wenn Oberarm und Oberschenkel mit Bekleidung gemessen werden.

Die DEXA Messung wurde als Referenzmessung herangezogen, um die Übereinstimmung des Körperfettanteils mit den beiden BIA Geräten zu überprüfen. Die DEXA Messung als Referenzmethode weist jedoch ebenfalls Limitationen auf und könnte dadurch die Ergebnisse beeinflussen.

Je nach Gerät bzw. nach Geräteliege, ist die Messung für Personen bis maximal 193-197 cm Länge und 58 - 65 cm Breite und einem maximalen Gewicht von 114- 159 kg limitiert. In extremen Fällen müssen Patienten ihre Arme zu sehr an den Körper pressen, wodurch es bei der Messung zu einer Überlagerung von Geweben kommt und ein korrektes Messergebnis nicht zu erwarten ist. [BROWNBILL und ILICH, 2005]

Des Weiteren zeigt sich mit DEXA tendenziell eine Überschätzung der Fettmasse adipöser Personen. Da die DEXA Messung von einer konstanten Hydrierung der FFM ausgeht, könnten Veränderungen des Hydrationsstatus der FFM, wie es bei adipösen Personen der Fall ist, die DEXA Messung beeinflussen. Pietrobelli et al. zeigte, dass Veränderungen des Hydrationszustandes von 1-5% zu einem Fehler in der Schätzung des Körperfettanteils von < 1% führt. [PIETROBELLI et al., 1998] Auch in weiteren Studien konnte hier kein überzeugender Zusammenhang festgestellt werden. Bei zunehmender Dicke des Gewebes zeigen sich

jedoch größere Fehler bei der Ermittlung des Körperfettanteils. LaForgia et al., konnten sowohl eine Über- als auch Unterschätzung des Körperfettanteils mit DEXA bei adipösen Personen beobachten und führen dies auf Dicke des Fettgewebes zurück. [LAFORGIA et al., 2009]

6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Die bioelektrische Impedanzanalyse ist eine einfache und praktikable Methode zur Überwachung des Gesundheitszustandes und des Therapieerfolges bei morbid adipösen Patienten. Ermittelte Werte zur Körperzusammensetzung sind dennoch kritisch zu betrachten, aufgrund Hydrationsstatus und Geometrie des adipösen Körpers. Sollten Verlaufsmessungen mit unterschiedlichen BIA Geräten erfolgen oder im Verlauf ein BIA Gerät ersetzt werden, ist eine Berücksichtigung von möglichen Messunterschieden zwischen den Geräten notwendig. Im Rahmen einer standardisierten BIA Messung sollte auch die Messung von Körpergröße und Körpergewicht durchgeführt werden.

Die Ermittlung des Körperfettanteils mittels BIA von morbid adipösen Personen stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. Die Wahl der Prädiktionsformel für die FFM spielt dabei eine entscheidende Rolle. Es existieren kaum validierte Formeln für morbid Adipöse. Wie auch bei der Seca®-eigenen Formel besteht grundsätzlich das Problem bei den BIA-Prädiktionsformeln, dass diese in einer Population mit einem BMI im Normalbereich bzw. Übergewicht validiert wurden und nicht spezifisch für morbid Adipöse, mit Ausnahme der Formel von Jiménez et al.) [PATEYJOHNS et al., 2006],[BOSY- WESTPHAL et al.2013]. Auch die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass weitere validierte Formeln für morbid adipöse Patienten notwendig sind. Segmentalmessungen zur Ermittlung des Körperfettanteils könnten eventuell eine gute Alternative bei morbid adipösen Patienten darstellen. [CHUMLEA, BAUMGARTNER und MITCHELL, 1990]

Die Wahl der Referenzmethode zur Validierung von BIA Geräten spielt eine wichtige Rolle um generalisierte Aussagen zu ermöglichen. Da auch die DEXA Messung Limitierungen bei adipösen Personen unterliegt, sollten auch andere Methoden wie ADP, CT oder MRT in Betracht gezogen werden.

Der bariatrische Eingriff kann eine Mangelernährung zur Folge haben. Auch hormonelle Veränderungen im Zusammenhang mit der Operation könnten unterschiedliche Auswirkungen auf den Organismus und damit auch auf die Hydrierung haben. Ein erhöhtes EZW/IZW Verhältnis könnte mit dem bariatrischen Eingriff assoziiert sein. Hier gilt es abzuklären, ob dies durch Mangelernährung oder durch andere mögliche Veränderungen im Rahmen des chirurgischen Eingriffes verursacht wird.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung und Fragestellung: Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist eine einfache, praktikable und kostengünstige Methode zur Ermittlung der Körperzusammensetzung. Therapieerfolge durch Gewichtsreduktionsprogramme bei morbid adipösen Patienten können dadurch erfasst werden. Des Weiteren kann eine Beurteilung des Gesundheitszustandes und die Formulierung von zielgerichteten Ernährungs- und Bewegungsempfehlungen ermöglicht werden. Eine standardisierte Messung ist notwendig, um Veränderungen in der Körperzusammensetzung möglichst genau verfolgen zu können. Die Messung von adipösen Personen führt aufgrund deren Hydrationsstatus und dem Einfluss der Geometrie häufig zu einer ungenauen Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels BIA. Ziel dieser Arbeit war es, zwei unterschiedliche BIA Geräte miteinander zu vergleichen anhand von morbid adipösen Patienten bzw. anhand von Patienten, an denen ein bariatrischer Eingriff durchgeführt wurde.

Methoden: 155 Patienten (122 Frauen, 33 Männer), wurden im Rahmen einer Kontrolluntersuchung am AKH Wien vor ($n=44$) oder nach ($n=111$) eines bariatrischen Eingriffes mit den beiden BIA Geräten BIA Corpus RX 4000 (BIAC), das in liegender Position des Patienten eine tetrapolare Messung durchführt und SecamBCA 515®, das in stehender Position des Patienten eine acht-polare Messung durchführt, miteinander verglichen. Für die Ermittlung der Körperzusammensetzung wurden Prädiktionsformeln von Segal et al., Lukaski und Bolonchuk, Van Loan und Mayclin, Jiménez et al., Kyle et al. und Gray et al. verwendet. 20 präoperative, morbid adipöse Patienten wurden zusätzlich am selben Tag der BIA Messung mit DEXA (Dual Röntgen Absorptiometrie) als Referenzmessung gemessen, um den ermittelten Körperfettanteil vergleichen zu können.

Ergebnisse: Messungen mit Seca® und BIAC führten zu einem signifikanten Widerstandsunterschied ($p<0,05$) von $(72,17 \pm 21,67)\Omega$ für die Resistanz, $(-0,7 \pm 3,4)\Omega$ für die Reaktanz und zu einem Unterschied des Phasenwinkels von $(-0,85 \pm 0,28)^\circ$. Auch nach Ermittlung der FFM(kg), FM(kg) und FM(%) konnte mit

allen Prädiktionsformeln ein signifikanter ($p < 0,05$) Unterschied zwischen den beiden Geräten ermittelt werden. Im Vergleich mit DEXA führten beide Geräte zu einer Überschätzung des Körperfettanteils. Je nach Prädiktionsformel, ergab sich eine Differenz zwischen 2,8 % Körperfett (Van Loan und Mayclin) und 10,6% Körperfett (Gray et al.) für Seca® und einer Differenz zwischen 1,5% Körperfett (Van Loan und Mayclin) und 8,2% Körperfett (Gray et al.) für BIAC. Gute Übereinstimmungsgrenzen konnten mit der Formel von Jiménez et al. erzielt werden. Die mittlere Differenz Seca®-DEXA betrug 6,6% mit Übereinstimmungsgrenzen von 12,9% und 0,4%. Die mittlere Differenz BIAC-DEXA betrug 2,1% mit Übereinstimmungsgrenzen von 9,5% und -5,4%.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass zwischen BIA Geräten Unterschiede in der Messung entstehen können und diese während Verlaufsmessungen berücksichtigt werden müssen, beispielsweise wenn ein Gerät durch ein anderes BIA Gerät ersetzt wird. Eine standardisierte Messung ist ebenfalls von großer Bedeutung, um Abweichungen in der Messung zu vermeiden. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen ebenfalls, dass die Wahl der Prädiktionsformel für die Ermittlung der Körperzusammensetzung eine wichtige Rolle spielt. Hydrationsstatus und Geometrie des morbid adipösen Körpers müssen in den Formeln berücksichtigt werden. Weitere validierte Formeln könnten eine genauere Körperfettbestimmung bei morbid adipösen Patienten ermöglichen.

8 ABSTRACT

Background and Aim: Bioelectrical impedance analysis (BIA) is a simple, practical and inexpensive method to assess body composition. Hence, BIA can be used to assess the effectiveness of weight reduction interventions with morbidly obese patients, to identify the patient's health risk and to formulate individual dietary and exercise recommendations. A standardized BIA measurement is needed to allow accurate monitoring of changes in the body composition. The aim of this master thesis was to compare two different BIA instruments by measuring morbidly obese patients and patients that received bariatric surgery.

Methods: 155 patients (122 female, 33 male) underwent BIA measurement with the BIA Corpus RX 4000 (tetrapolar measurement), lying in supine position and with the Seca mBCA 515® (eight polar measurement), standing barefoot, during a routine visit before (n= 44) or after (n=111) bariatric surgery. Body composition was calculated with the prediction equations from Segal et al., Lukaski and Bollenchuck, Van Loan and Mayclin, Jiménez et al., Kyle et al., and Gray et al. Additionally 20 (17 female, 3 male) morbidly obese preoperative patients were measured with DEXA (dual- energy x-ray absorptiometry) on the same day, to assess agreement in body fat percentage.

Results: Comparison of Seca® and BIAC resulted in an observed difference ($p < 0,05$) in resistance ($72,17 \pm 21,67$) Ω , reactance ($-0,7 \pm 3,4$) Ω and phase angle ($-0,85 \pm 0,28$)°. A significant difference ($p < 0,05$) remained after calculation of FFM (kg) FM(kg) and FM %(kg) with all prediction equations used. A comparison with DEXA showed an overestimation of body fat with both, Seca® and BIAC. Prediction equations resulted in mean deviation ranges of 2,8%(Van Loan and Mayclin) up to 10,6 %(Gray et al.) with Seca® and 1,5%(Van Loan and Mayclin) up to 8,2%(Gray et al.) with BIAC. Prediction equation of Jiménez et al. provided good agreement between BIA and DEXA. The mean difference Seca®-DEXA was 6,6% with limits of agreement of 12,4% and 0,4%. BIAC-DEXA resulted in a mean difference of 2,5% and limits of agreement were 9,5% and -5,4%.

Conclusion: Changing BIA instruments while monitoring body composition over time needs consideration. Furthermore, a standardized measurement procedure is needed to avoid variations in measurements. The choice of prediction equation is crucial for estimating body composition in morbidly obese and the effect of geometry and hydration associated with obesity needs consideration in prediction equations. Therefore, further validated prediction equations could improve the accuracy of body composition estimation in morbidly obese patients.

9 LITERATURVERZEICHNIS

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

Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988; 48: 16–23.

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Int. J. Nurs. Stud.* 2010; 47: 931–936.

Bosy-Westphal A, Schautz B, Later W, Kehayias JJ, Gallagher D, Müller MJ. What makes a BIA equation unique? Validity of eight-electrode multifrequency BIA to estimate body composition in a healthy adult population. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013; 67 Suppl 1: S14–21.

Brownbill RA, Ilich JZ. Measuring body composition in overweight individuals by dual energy x-ray absorptiometry. *BMC Med. Imaging* 2005; 5: 1.

Buchholz AC, Bartok C, Schoeller DA. The Validity of Bioelectrical Impedance Models in Clinical Populations. *Nutr. Clin. Pract.* 2004; 19: 433–446.

Buchwald H, Buchwald JN. Evolution of Operative Procedures for the Management of Morbid Obesity 1950-2000. *Obes. Surg.* 2002; 12: 705–717.

Chaston TB, Dixon JB, O'Brien PE. Changes in fat-free mass during significant weight loss: a systematic review. *Int. J. Obesity.* 2007; 31: 743-750

Das B.I.A. Compendium Ausgabe III, 2009, Internet: http://www.data-input.de/media/pdf-deutsch/Kompendium_III_Ausgabe_2009.pdf (Zugegriffen am 04.12.2014)

Chumlea WC, Baumgartner RN, Mitchell CO, The use of segmental bioelectric impedance in estimating body composition. *Adv In Vivo Studies.* 1990. 55: 375-385

Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr. J.* 2008; 7: 26.

Dempster P, Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995; 27: 1692–1697.

Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996; 64: 449S–452S.

Deurenberg P, Weststrate JA, Hautvast JGAJ. Changes in fat-free mass during weight loss measured by densitometry. *Am J Clin Nutr.* 1989; 49:33-36

Dewit O. Whole body air displacement plethysmography compared with hydrodensitometry for body composition analysis. *Arch. Dis. Child.* 2000; 82: 159–164.

Ellis KJ. Human Body Composition: In Vivo Methods. *Physiol. Rev.* 2000; 80: 649–680.

Elmadfa I, Institut für Ernährungswissenschaften (Wien), Österreich, Bundesministerium für Gesundheit. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. Wien: Bundesministerium für Gesundheit; 2012.

European Association for the study of Obesity. Management of obesity in adults: project for European primary care. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. J. Int. Assoc. Study Obes.* 2004; 28 Suppl 1: S226–231.

Forbes GB, Bruining GJ. Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am. J. Clin. Nutr.* 1976; 29: 1359–1366.

Glechauf CN, Roe DA. The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989; 50: 903–907.

Gray DS, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989; 50: 255–260.

Guglielmi FW, Mastronuzzi T, Pietrini L, Panarese A, Panella C, Francavilla A. The RXc Graph in Evaluating and Monitoring Fluid Balance in Patients with Liver Cirrhosis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1999; 873: 105–111.

Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Role of Low Energy Expenditure and Sitting in Obesity, Metabolic Syndrome, Type 2 Diabetes, and Cardiovascular Disease. *Diabetes* 2007; 56: 2655–2667.

Heymsfield S, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human Body Composition: Advances in Models and Methods. *Annu. Rev. Nutr.* 1997; 17: 527–558.

Heyward VH, Stolarczyk LM. Applied Body Composition Assessment. *Human Kinetics*; 1996, 2ff.

International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders - Austria 2013 Internet: <http://www.obesityteam.com/at/Austria%202013.pdf> (Zugriff am 12.11.2014)

James TP, Rigby N, Leach R. The obesity epidemic, metabolic syndrome and future prevention strategies: *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.* 2004; 11: 3–8.

Jiménez A, Omaña W, Flores L, Coves MJ, Bellido D, Perea V, et al. Prediction of Whole-Body and Segmental Body Composition by Bioelectrical Impedance in Morbidly Obese Subjects. *Obes. Surg.* 2012; 22: 587–593.

Kushner RF. Weight loss strategies for treatment of obesity. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2014; 56: 465–472.

Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996; 64: 423S–427S.

Kushner RF, Kunigk A, Alspaugh M, Andronis PT, Leitch CA, Schoeller DA. Validation of bioelectrical-impedance analysis as a measurement of change in body composition in obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 1990; 52: 219–223.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.* 2004; 23: 1226–1243.

Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clin. Nutr.* 2004; 23: 1430–1453.

Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20–94 years. *Nutrition* 2001; 17: 248–253.

LaForgia J, Dollman J, Dale MJ, Withers RT, Hill AM. Validation of DXA Body Composition Estimates in Obese Men and Women. *Obesity* 2009; 17: 821–826.

Lichtenbelt WDVM, Fogelholm M. Increased extracellular water compartment, relative to intracellular water compartment, after weight reduction. *J. Appl. Physiol.* 1999; 87: 294–298.

Van Loan M, Mayclin P. Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water. *Hum. Biol.* 1987; 59: 299–309.

Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987; 46: 537–556.

Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md* 1985 1986; 60: 1327–1332.

MacDonald KG. Overview of the epidemiology of obesity and the early history of procedures to remedy morbid obesity. *Arch. Surg. Chic. Ill* 1960 2003; 138: 357–360.

Mazariegos M, Kral JG, Wang J, Waki M, Heymsfield SB, Pierson RN, et al. Body composition and surgical treatment of obesity. Effects of weight loss on fluid distribution. *Ann. Surg.* 1992; 216: 69.

MEDI CAL Health Care, Durchführung und Interpretation von phasensensitiven BIA Messungen mit Body Comp.V 8.5 Internet: <http://www.idiag.ch/fileadmin/documents/biacorpus/Brosch%C3%BCren/BIA-guide-de.pdf> (Zugriff am 25.06.2014)

Nguyen DM, El-Serag HB. The Epidemiology of Obesity. *Gastroenterol. Clin. North Am.* 2010; 39: 1–7.

Nichols J, Going S, Loftin M, Stewart D, Nowicki E, Pickrel J. Comparison of two bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls. *Int. J. Body Compos. Res.* 2006; 4: 153–160.

Nugent C, Bai C, Elariny H, Gopalakrishnan P, Quigley C, Garone M, et al. Metabolic syndrome after laparoscopic bariatric surgery. *Obes. Surg.* 2008; 18: 1278–1286.

Oshima Y, Shiga T. Within-day variability of whole-body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2006; 60: 938–941

Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Comparison of Three Bioelectrical Impedance Methods with DXA in Overweight and Obese Men. *Obesity* 2006; 14: 2064–2070.

Peine S, Knabe S, Carrero I, Brundert M, Wilhelm J, Ewert A, Denzer U, Jensen B, Lilburn P. Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the seca mBCA. *Int. J. Body Comp Res.* 2013; 11: 67–76

Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. J. Int. Assoc. Study Obes.* 1998; 22: 97–104.

Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition* 2002; 18: 153–167.

Pietrobelli A, Wang Z, Formica C, Heymsfield SB. Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *Am. J. Physiol. - Endocrinol. Metab.* 1998; 274: E808–E816.

Pi-Sunyer FX. Comorbidities of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999; 31: S602.

Racette SB, Schoeller DA, Kushner RF, Neil KM, Herling-Iaffaldano K. Effects of aerobic exercise and dietary carbohydrate on energy expenditure and body composition during weight reduction in obese women. *Am J Clin Nutr.* 1995; 61: 486-494

Ramachandrapa S, Farooqi IS. Genetic approaches to understanding human obesity. *J. Clin. Invest.* 2011; 121: 2080–2086.

Roche A. F., Heymsfield, S, Lohman T, Human body composition. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996.

Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Bailey KR, Collazo-Clavell ML, et al. Accuracy of Body Mass Index to Diagnose Obesity In the US Adult Population. *Int. J. Obes.* 2005 2008; 32: 959–966.

Schneider K., Wittig F, Mertens E, Hoffmann I Internet: http://www.uni-giessen.de/fbr09/nutr-ecol/forsc_adipositas.php (Zugriff am 10.05.2014)

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.

SECA 2012 Medical Body Composition Analyzer Internet:

http://www.seca.com/fileadmin/documents/manual/seca_man_514+515_de.pdf

(Zugriff am 16.08.2014)

Segal KR, Loan MV, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Itallie TBV. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988; 47: 7–14.

Shah M, Simha V, Garg A. Review: long-term impact of bariatric surgery on body weight, comorbidities, and nutritional status. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2006; 91: 4223–4231.

Sjöström L, Lindroos A, Peltonen M, Torgerson J, Bouchard C, Carlsson B, Dahlgren S, Larsson B, Narbro K, Sjöström CD, Sullivan M, Wedel H. Lifestyle, diabetes, and cardiovascular risk factors 10 years after bariatric surgery. *N Engl J Med.* 2004; 351:2683-2693

Steijaert M, Deurenberg P, Van Gaal L, Leeuw I De. The use of multi-frequency impedance to determine total body water and extracellular water in obese and lean female individuals. *Int. J. Obesity.* 1997; 21:930-934

Stolarczyk LM, Heyward VH, Loan MDV, Hicks VL, Wilson WL, Reano LM. The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al: are they generalizable and practical? *Am. J. Clin. Nutr.* 1997; 66: 8–17.

Swinburn BA, Caterson I, Seidell JC, James WPT. Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. *Public Health Nutr.* 2004; 7: 123–146.

Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992; 56: 19–28.

Wirth A. Adipositas: Epidemiologie, Ätiologie, Folgekrankheiten, Therapie ; mit 44 Tabellen. Berlin [u.a.]: Springer; 1997.

Withers R t., Laforgia J, Heymsfield S b. Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. Am. J. Hum. Biol. 1999; 11: 175–185.

World Health Organisation. Obesity.2008 Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en> (Zugriff am 23.06.2014)

Zhang C, Rexrode KM, van Dam RM, Li TY, Hu FB. Abdominal obesity and the risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: sixteen years of follow-up in US women. Circulation 2008; 117: 1658–1667.

Zhao Y, Encinosa W. Bariatric Surgery Utilization and Outcomes in 1998 and 2004. Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP) Statistical Briefs 2007

10 TABELLENANHANG

Tabelle 39 FFM(kg) ermittelt mit Seca® und BIAC für Frauen, Männer, Gesamt

FFM (kg)	Frauen (n=122)	Männer (n=33)	Gesamt (n=155)
Seca® Segal et al., 1988	52,3 ± 7,2	70,5 ± 14,1	56,2 ± 11,8
BIAC Segal et al., 1988	53,8± 7,2	74,8±11,7	58,3 ± 12,0
Seca® Lukaski et al., 1987	48,6± 6,8	65,0±13,4	52,1 ± 10,9
BIAC Lukaski et al., 1987	54,8± 7,8	76,7±10,5	59,4 ± 12,3
Seca® Van Loan et al.,1987	53,8± 10,8	71,3±10,1	57,5 ± 12,8
BIAC Van Loan et al.,1987	55,6± 10,8	72,9±10,1	59,3 ± 12,8
Seca® Jiménez et al., 2012	52,6± 6,4	71,8±7,8	56,7 ± 10,4
BIAC Jiménez et al., 2012	57,3± 7,2	79,5± 9,5	62,1 ± 12,0
Seca® Kyle et al., 2001	50,2± 7,9	69,4± 8,7	54,3 ± 11,3
BIAC Kyle et al.,2001	54,6±8,4	76,3± 10,0	59,6 ± 12,5
Seca® Gray et al., 1989	49,5±6,6	69,9± 8,5	53,9 ± 10,9
BIAC Gray et al.,1989	52,1±6,5	75,4±8,4	57,0 ± 11,8

Werte gegeben als Mittelwerte± Standardabweichung

T-Test gepaarte Stichprobe, $p < 0,05$ (signifikanter Unterschied zwischen jeder Seca® und BIAC Messung bei allen Prädiktionformeln, sowie zwischen Männern und Frauen)

Tabelle 40 FM(kg) ermittelt Seca® und BIAC für Frauen, Männer, Gesamt

FM (kg)	Frauen (n=122)	Männer (n=33)	Gesamt (n=155)
Seca® Segal et al.,1988	45,4± 17,8	45,6±16,6	45,4±17,5
BIAC Segal et al.,1988	43,9±17,9	41,8±17,4	43,4±17,7
Seca® Lukaski et al.,1987	49,0±19,4	49,9±18,9	49,2±19,3
BIAC Lukaski et al.,1987	42,9±19,0	40,2±18,5	42,3±18,9
Seca® Van Loan et al.,1987	43,8±14,1	45,6±14,6	44,2±14,2
BIAC Van Loan et al.,1987	42,1±14,1	43,9±14,7	42,5±14,2
Seca® Jiménez et al.,2012	45,1±19,3	45,0±18,8	45,1±19,2
BIAC Jiménez et al.,2012	40,3±18,9	37,3±18,4	39,7±18,8
Seca® Kyle et al.,2001	47,4±17,1	47,4±16,8	47,4±17,0
BIAC Kyle et al.,2001	43,0±16,9	40,5±16,4	42,5±16,8
Seca® Gray et al.,1989	48,1±19,8	46,9 ±18,1	47,9±19,4
BIAC Gray et al.,1989	45,6±19,8	41,5±18,3	44,7± 9,5

Werte gegeben als Mittelwert± Standardabweichung,

T-Test gepaarte Stichprobe, $p < 0,05$ (signifikanter Unterschied zwischen jeder Seca® und BIAC Messung bei allen Prädiktionformeln, sowie zwischen Männern und Frauen)

Tabelle 41 FM% ermittelt mit Seca® und BIAC für Frauen, Männer und Gesamt

FM (%)	Frauen (n=122)	Männer (n=33)	Gesamt (n=155)
Seca® Segal et al.,1988	44,8±7,6	37,2±8,4	43,2±8,4
BIAC Segal et al.,1988	43,2±8,0	35,0±9,0	41,4±8,9
Seca® Lukaski et al.,1987	48,4±8,7	41,4±8,6	46,9±9,2
BIAC Lukaski et al.,1987	41,9±10,0	32,9±10,2	40,0 ± 10,7
Seca® Van Loan et al.,1987	44,1±4,5	38,1±4,7	42,9±5,2
BIAC Van Loan et al.,1987	42,2±4,9	36,7±5,1	41,0±5,4
Seca® Jiménez et al.,2012	44,2±9,4	37,0±9,2	42,6±9,8
BIAC Jiménez et al.,2012	39,1±10,3	30,2±10,4	37,2±10,9
Seca® Kyle et al.,2001	47,2± 6,4	39,4± 6,7	45,6 ± 7,2
BIAC Kyle et al.,2001	42,5± 7,4	33,4± 7,8	40,6 ± 8,3
Seca® Gray et al.,1989	47,4±9,3	38,8±8,3	45,6 ± 9,7
BIAC Gray et al.,1989	44,6±9,9	33,9±9,3	42,3 ± 10,7

Werte gegeben als Mittelwert± Standardabweichung,

t-Test gepaarte Stichprobe, $p < 0,05$ (signifikanter Unterschied zwischen jeder Seca® und BIAC Messung bei allen Prädiktionformeln, sowie zwischen Männern und Frauen)

11 LEBENSLAUF

Persönliche Angaben

Name: Elisabeth Sekli, Bakk.rer.nat.
Geburtsort: Graz
Nationalität: Österreich
E-Mail: elisabeth.sekli@gmail.com

Ausbildung

10/1999-06/2007: Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium WIKU BRG
Graz
10/2007-09/2011: Bakkalaureatsstudium Ernährungswissenschaften,
Universität Wien
Seit 10/2011: Masterstudium Ernährungswissenschaften,
Universität Wien, Spezialisierung Public Health Nutrition
01/2013- 06/2013: Erasmus- Auslandssemester Karolinska Institut, Stockholm,
Master's programme in Public Health Epidemiology

Praktische Erfahrungen

07/2009: Ferialpraktikum Gesundheitseinrichtung Josefhof Graz
07/2010: Ferialpraktikum Gesundheitseinrichtung Josefhof Graz
03/2012- 04/2012: Praktikum Institut f. Ernährungswissenschaften Wien
09/2012- 10/2012: Praktikum Österreichische Gesellschaft f. Ernährung
(ÖGE)-Geschäftsstelle Wien
11/2012: Praktikum Institut f. Ernährungswissenschaften Wien
Forschungsplattform Active Ageing
12/2013: Praktikum an der Medizinischen Universität Wien
03/2014-06/2014: Erasmus-Praktikum am Department of Food Science,
Division Food and Health, Swedish University of Agricultural
Sciences, Uppsala, Schweden

Sprachkenntnisse

Deutsch: Muttersprache
Englisch: Fließend
Italienisch: Grundkenntnisse

EDV Kenntnisse

Word, Excel, PowerPoint, SPSS

Persönliche Interessen:

Sport (Fitness, Laufen, Wandern, Skifahren), Reisen, Kochen