



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Follow- up zum Monitoring der
Körperzusammensetzung von traumatologischen
Intensivpatienten in Form einer prospektiven
Pilotstudie“

Verfasserin

Verena Hintsteiner, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 830

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium der Ernährungswissenschaften

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. Karl -Heinz Wagner

Danksagung

Ich bedanke mich bei meiner Betreuerin Frau OA.Dr. Inge Gerstorfer, für die Ermöglichung einer Mitarbeit an einer klinischen Studie im UKH Meidling, Wien und weiters für Ihre fachliche Unterstützung im Zuge der Anfertigung meiner Masterarbeit. Darüber hinaus gilt mein Dank dem Team der Diätologinnen im UKH Meidling, Frau Mag. Elisabeth Rinder-Pamperl und Frau Claudia Hofmann Bsc., welche mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Insbesondere möchte ich meinem Betreuer an der Universität Wien, Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Karl-Heinz Wagner danken, zum Einen für die Bereitschaft einer Betreuung meiner externen Arbeit und zum Anderen für dessen Hilfsbereitschaft bei fachlichen Fragen.

Ein Dank gilt auch meinen zahlreichen Freunden, welche mir während des ganzen Studiums zur Seite standen. Ganz besonders möchte ich meinem Freund Werner Helm danken, für seine immerwährende Hilfsbereitschaft und seine moralische Unterstützung, welche mir während des Studiums immer den Rücken stärkten.

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATURÜBERBLICK	3
2.1 KÖRPERZUSAMMENSETZUNG.....	3
2.1.1 Diverse Modelle der Körperzusammensetzung	4
2.2 ERMITTLUNG DER KÖRPERZUSAMMENSETZUNG-BIOELEKTRISCHE IMPEDANZANALYSE.....	6
2.2.1 Prinzipien der bioelektrischen Impedanzmessung Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel.....	6
2.2.2 Messparameter.....	13
2.2.2.1 Gesamtkörperwasser (Total Body Water)	13
2.2.2.1.1 Wasserbalance und Hydrationsindex.....	14
2.2.2.2 Fettfreie Masse (Magermasse)	14
2.2.2.3 Körperzellmasse (Body Cell Mass)	15
2.2.2.4 Extrazelluläre Masse (Extra Cellular Mass)	17
2.2.2.5 ECM/BCM Ratio.....	17
2.2.2.6 Fettmasse (Body Fat).....	18
2.2.2.7 Body Mass Index (BMI).....	19
2.2.3 Klinische Anwendungsbereiche der BIA.....	20
2.2.3.1 Bioelektrische Impedanzmessung auf der Intensivstation.....	21
2.3 KLINISCHE DIAGNOSE DES ERNÄHRUNGSZUSTANDES	22
2.4 TRAUMABEDINGTER EINFLUSS AUF DIE KÖRPERZUSAMMENSETZUNG	23
2.4.1 Trauma – Definition und Arten.....	23
2.4.2 Schweregradklassifikation eines Traumas – Scoring	24
2.5 POSTAGGRESSIONSSTOFFWECHSEL NACH TRAUMATOLOGISCHEN EREIGNISSEN.....	26

2.5.1 Traumabedingtes “Systemic Inflammatory Response Syndrome” (SIRS)	27
2.5.1.1 Katabolie	28
2.5.1.1.1 Laborparameter: Gesamteiweiß, Serumalbumin, C-reaktives Protein	29
2.5.2 Veränderungen der Körperzusammensetzung im Postaggressionsstoffwechsel	30
2.5.2.1 SIRS bedingte Veränderung im Eiweißstoffwechsel	30
2.5.2.2 SIRS bedingte Veränderung im Kohlenhydratstoffwechsel	31
2.5.2.3 SIRS bedingte Veränderung im Fettstoffwechsel	32
2.5.2.4 SIRS bedingte Veränderung im Wasserhaushalt	33
2.5.2.5 SIRS bedingte Veränderungen im Energiestoffwechsel	35
3 PATIENTEN UND METHODEN	36
3.1 STUDIENDESIGN	36
3.1.1 Rechtliche Aspekte	36
3.1.2 Ethische Aspekte	37
3.1.3 Untersuchungsablauf	37
3.2 PATIENTENKOLLEKTIV	38
3.2.1 Drop-Out Kriterien	38
3.3 DATENERHEBUNG	39
3.3.1 Bioimpedanz-Messung	39
3.3.1.1 Fehlerquellen bei der BIA-Messung	42
3.3.1.2 Bioimpedanzanalyse Gerät und Elektroden	44
3.3.1.2.1 Vergleich der Segmentalen- mit der Einkanalmessung	46
3.3.2 Routinelabor	48
3.3.3 Ernährungsprotokoll	48
3.3.4 Körpergewicht und Körpergröße	48
3.4 DATENAUSWERTUNG - BERECHNUNGSGRUNDLAGEN DER SOFTWARE BODY COMP. V8.5 PROFESSIONAL	49
3.4.1 Berechnung diverser Parameter der Körperhydration	51

3.4.2	Berechnung der Fettmasse	52
3.4.3	Berechnung eines gewichtsbezogenen Parameters.....	53
3.4.4	Berechnungen diverser Parameter der fettfreien Masse	53
3.4.5	Berechnung von Nomogrammen (gruppenspezifische Zielellipsen) ..	55
3.5	STATISTISCHE AUSWERTUNG	58
3.5.1	Datenbankstruktur	59
4	ERGEBNISSE	60
4.1	DEMOGRAPHISCHE DATEN DER STUDIENTEILNEHMER	60
4.2	KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER STUDIENTEILNEHMER.....	62
4.2.1	Anzahl der BIA-Messungen.....	62
4.2.2	Veränderung der Körperzusammensetzung der Patienten während des gesamten Untersuchungszeitraumes (unabhängig vom Geschlecht) ..	63
4.2.3	Verlaufsdarstellung (U1-U3)	65
4.2.4	Phasenwinkel Berechnungen	77
4.2.5	Wasserbalance Berechnungen.....	81
4.2.6	Korrelationsberechnungen der Laborparameter	85
4.2.7	Diverse Korrelationsberechnungen	89
4.2.8	Nomogramm Auswertung für den Zeitraum U1-U3 (Durchschnittswerte)	90
5	DISKUSSION	92
6	SCHLUSSBETRACHTUNG	100
7	ZUSAMMENFASSUNG	106
8	LITERATURVERZEICHNIS	110
9	ANHANG	119

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ATP	Adenosintriphosphat
ADH	Antidiuretisches Hormon
BCM	Body Cellular Mass
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body Mass Index
CRP	C-reaktives Protein
ECW	Extracellular water
ECM	Extra Cellular Mass
EZF	Extrazelluläre Flüssigkeit
FFM	Fettfreie Masse
FM	Fettmasse
ISS	Injury Severity Score
PA	Phasenwinkel
PAS	Postaggressionsstoffwechsel
SAPS	Simplified Acute Physiology Score

SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
TBW	Total Body Water
TISS	Therapeutic Intervention Scoring System
WB	Wasserbalance

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Darstellung der Resistanz (Einheit: R_z) und der Reaktanz (Einheit: X_c) im Zusammenhang mit dem Phasenwinkel (φ) ("Cole-Modell")...	10
Abbildung 2: Entstehung eines niedrigen und hohen Phasenwinkels.....	11
Abbildung 3: Zusammensetzung der Gesamtkörperflüssigkeit in intra-, und extrazelluläre Flüssigkeit	14
Abbildung 4: Substratfluss und Hauptmerkmale des Postaggressionsstoffwechsels.....	27
Abbildung 5: Elektrodenplatzierung	41
Abbildung 6: Technische Daten zum Gerät	46
Abbildung 7: Darstellung des 4-Segmentmodells	47
Abbildung 8: Kreisdiagramm Darstellung.....	50
Abbildung 9: Wasserbalance Angabe in Perzentilen in „Body Comp. V 8.5.....	52
Abbildung 10: RX_c -Graph	57
Abbildung 11: Durchschnittsberechnung des Alters (Jahre) - geschlechterspezifisch.....	61
Abbildung 12: Durchschnittsberechnung der Körpergröße (cm) - geschlechterspezifisch.....	62
Abbildung 13: Streudiagramme: Phasenwinkel (PA) und ECM/BCM Ratio.....	78
Abbildung 14: Darstellung der Wasserbalance zu den 3 Untersuchungszeiträumen.....	81
Abbildung 15: Streudiagramm: Körperzellmasse und Gesamtkörperwasser bei U1 (n=19).....	82
Abbildung 16: Streudiagramm SAPSIII und Wasserbalance: Prüfung auf Linearität (U1).....	85

Abbildung 17: Streudiagramm: Extrazelluläres Wasser und Gesamteiweiß (n=19).....	86
Abbildung 18: Streudiagramme Albumin und extrazelluläres Wasser: Prüfung auf Linearität (U1-U3).....	87
Abbildung 19: Streudiagramm: Extrazelluläres Wasser und Gesamteiweiß (n=19).....	88
Abbildung 20: Darstellung der Messungen (Durchschnittswerte) aller Patienten zu den 3 unterschiedlichen Messzeitpunkten.....	90

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Modelle der Körperzusammensetzung	6
Tabelle 2: Referenz- Messbereiche für Resistanz (Einheit: R_z) und Reaktanz (Einheit: X_c)	9
Tabelle 3: Referenzbereiche für den Phasenwinkel (φ)	12
Tabelle 4: Gesamtkörperwasser Berechnung	51
Tabelle 5: Fettfreie Masse-Berechnung	54
Tabelle 6: Durchschnittsberechnung von Alter und Körpergröße (n=19)	60
Tabelle 7: Anzahl der Messungen pro Patient	63
Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Bioimpedanz- als auch der Laborparameter	64
Tabelle 9: Darstellung der fettfreien Masse	65
Tabelle 10: Darstellung der extrazellulären Masse.....	66
Tabelle 11: Darstellung der Körperzellmasse.....	67
Tabelle 12: Darstellung des ECM/BCM Ratio.....	67
Tabelle 13: Darstellung der Fettmasse.....	68
Tabelle 14: Darstellung des Körpergewichtes	69
Tabelle 15: Darstellung des Gesamtkörperwassers	70
Tabelle 16: Darstellung des extrazellulären Wassers.....	71
Tabelle 17: Darstellung der Wasserbalance.....	71
Tabelle 18: Darstellung des Phasenwinkels	72
Tabelle 19: Darstellung der Resistanz.....	73
Tabelle 20: Darstellung der Reaktanz	74
Tabelle 21: Darstellung des C-reaktiven Proteins	75
Tabelle 22: Darstellung des Gesamteiweißes	76

Tabelle 23: Darstellung des Serumalbumins	76
Tabelle 24: Korrelation der Körperzellmasse mit dem Phasenwinkel (n=19)	77
Tabelle 25: Aufteilung der Patienten (geschlechterspezifisch) in Kategorien entsprechend der Höhe des Phasenwinkels (U1 und U3)	80
Tabelle 26: Korrelation von SAPSIII mit der Wasserbalance (n=19).....	83
Tabelle 27: Regressionsanalytik SAPSIII und Wasserbalance.....	83
Tabelle 28: Diverse Korrelationsberechnungen (n=19).....	89

1 EINLEITUNG

In der Intensivmedizin wird ein organisiertes metabolisches Monitoring des Intensivpatienten als unabdingbar dargestellt, um den Ernährungszustand zu ermitteln und in weiterer Folge eine gezielte Ernährungstherapie zu vollziehen. [HARTL und RITTLER, 2002]

Neben der primären Behandlung (chirurgischer Eingriff) eines schweren Traumas bei einem Patienten, stellt das Gegensteuern eines traumabedingten Postaggressionsstoffwechsels, welcher eine inflammationsbedingte Katabolie nach sich ziehen kann, eine der größten Herausforderungen in der Intensivmedizin dar. Durch eine weitgehende Eindämmung der Katabolie wird versucht, Folgekomplikationen zu minimieren um in weiterer Folge die Dauer der Rekonvaleszenz eines Trauma Patienten zu verkürzen.

[RITTLER et al., 2007]

Bevor Präventionsmaßnahmen gegen eine möglicherweise auftretende Katabolie eingeleitet werden können, fordert die Intensivmedizin eine exakte Abklärung des metabolischen und in weiterer Folge nutritiven Zustandes eines Patientenkollektives. Als Interpretationsgrundlage fungiert ein weites Spektrum an Beurteilungsgrößen, welches neben der Analyse von Blutparametern (Plasmaproteine) auch traditionelle Methoden wie die Bewertung der Körperzusammensetzung umfasst. [HARTL und RITTLER, 2002]

Die bioelektrische Impedanzanalyse hat sich in den letzten Jahren als „Golden Standard“ für die exakte Messung der Körperzusammensetzung bewährt. Neben der Diagnostik des körperlichen und nutritiven Zustandes eines Patienten ist es mit der BIA in weiterer Folge realisierbar, Verlaufskontrollen der Körperzusammensetzung qualitativ zu bewerten.

[PIRLICH und NORMAN, 2011]

Ungeachtet der Tatsache, dass es bis dato nur wenige Publikationen gibt, welche sich mit dem Einsatz der bioelektrischen Impedanzanalyse im Bereich der Intensivmedizin (und der damit einhergehenden akut-traumabedingten Katabolie) beschäftigen, kann die BIA dennoch als diagnostisches Instrument bei der Ermittlung der Körperzusammensetzung Verwendung finden. Die

Erstellung neuer Validierungsformeln (Optimierung der Ergebnisse) im Zuge ständiger Forschungsarbeit, macht dies möglich. [ARNOUT et.al, 1993]

Die gegenständliche prospektive Pilotstudie mit dem Titel „Monitoring Katabolie-relevanter Parameter bei traumatologischen Intensivpatienten“ wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Krankheitsverlauf eines Patientenkollektivs über einen definierten Zeitraum (Akutstadium eines Traumas bis hin zur Entlassung aus dem Krankenhaus), zu beobachten. Durch das Heranziehen von katabolierelevanten Parametern sollen zum Einen Darstellungen von Veränderungen der Körperzusammensetzung während der unterschiedlichen Phasen der posttraumatischen Belastung der Patienten ausgearbeitet werden und zum Anderen die Aussagekraft der unterschiedlichen Parameter in punkto Diagnose einer Katabolie einzeln oder in Kombination erörtert werden. Ferner soll dargelegt werden in welchem Ausmaße die bioelektrische Impedanzanalyse als Interpretationsgrundlage für Änderungen der Körperzusammensetzung Verwendung finden kann, um sie als diagnostisches Instrumentarium in Kombination mit anderen Parametern in diesem Fachbereich einzusetzen.

In der hier vorgelegten Masterarbeit, dessen Grundlage die eben beschriebene prospektive Pilotstudie bildet, wird besonderes Augenmerk auf die Veränderung der Körperzusammensetzung von traumatologischen Intensivpatienten gelegt. Durch die exakte Erläuterung der Veränderung diverser Parameter der BIA-Messung während des Krankheitsverlaufes kann beleuchtet werden, in wie weit Ergebnisse mit dem bis dato vorliegenden Wissensstand korrelieren bzw. ob signifikant abweichende Ergebnisse ersichtlich werden, welche neuen Interpretationsspielraum schaffen.

2 LITERATURÜBERBLICK

2.1 Körperzusammensetzung

In der klinischen Ernährungsmedizin ist die Zusammensetzung des menschlichen Körpers eine wesentliche Beurteilungsgröße, da jegliche Veränderung des Ernährungszustandes einhergeht mit einer deutlich erkennbaren Veränderung der Körperzusammensetzung. [PIRLICH und NORMAN, 2011] Das Forschungsgebiet, welches sich mit der Ermittlung der Körperzusammensetzung beschäftigt, hat sich mittlerweile zu einem interdisziplinären Feld ausgeweitet. Neben dem klinischen Anwendungsbereich kommt es auch in der Ernährungs- und Sportwissenschaft sowie in der Epidemiologie zum Einsatz. Diverse physiologische Funktionen (des menschlichen Körpers) werden maßgeblich durch die Körperzusammensetzung beeinflusst. Zur Interpretation von Stoffwechselleistungen (z.B. bei erhöhtem Energieverbrauch) und der Diagnose von Imbalancen der Energiebilanz kann die Körperzusammensetzung als Anhaltspunkt herangezogen werden. [BOSY-WESTPHAL et al., 2006]

Für eine adäquate Beurteilung des Ernährungs- bzw. des Gesundheitsstatus einer Person, bedarf es eine Ermittlung der Körperzusammensetzung mittels anthropometrischen Messmethoden. Die anfänglichen Forschungen bei der Analyse von Körperzusammensetzungen berücksichtigten Methoden chemischer Natur in vivo und weiters anatomisch-morphologische Untersuchungsmethoden. Mittlerweile existieren zum Großteil nicht-invasive Systeme zur Erforschung der Körperzusammensetzung, welche auf Grundlage der sogenannten Körperkompartimentmodelle aufbauen. Dabei handelt es sich im Großen und Ganzen um Modelle, welche sich hinsichtlich der Anzahl an zusammengesetzten Kompartimenten unterscheiden. [MUELLER, 2007]

2.1.1 Diverse Modelle der Körperzusammensetzung

Grundsätzlich werden vier inkongruente Modelle zur Beurteilung der jeweiligen Körperkompartimente und in weiterer Folge zur Beurteilung der gesamten Körperzusammensetzung unterschieden. Das *Einkompartimentmodell* beschreibt den menschlichen Körper als ein Kompartiment. Es bezieht sich daher lediglich auf das Körpergewicht (in kg) als Bezugsgröße zur Interpretation. Das *Zweikompartimentmodell* beschreibt das Körpergewicht aus zwei sich zusammensetzenden Größen, nämlich dem Gesamtkörperfett und der fettfreien Masse (Lean Body Mass). [ELMADFA, 2009] Ein Verfahren, welches zur Berechnung der beiden Kompartimente im *Zweikompartimentmodell* herangezogen wird, ist die Körperdichtemessung durch Unterwasserwiegen (Hydrodensitometrie). Das Verfahren der Hydrodensitometrie gilt als Methode, welche valide Ergebnisse bezüglich der Schätzung des Fettanteils einer Messperson liefert. Sie vergleicht den Unterschied der Gewichtskraft eines menschlichen Körpers in der Luft und unter dem Wasser und berücksichtigt den Dichteunterschied zwischen der Lean Body Mass [$1,100 \text{ g/cm}^3$] und der Fettmasse [$0,9007 \text{ g/cm}^3$]. Diese Berechnungen liegen allesamt dem „Prinzip der Volumenbestimmung durch eine Wasserverdrängung nach Archimedes“ zu Grunde. Weitere eingesetzte Methoden zur Bestimmung dieser beiden Körperkompartimente sind die anthropometrischen Methoden wie die Hautfaltendicken Messung, die nicht-phasensensitive BIA und die Methode der Isotopendilution. [WELLS und FEWTRELL, 2006] Einen großen Nachteil beim Einsatz dieses *Zweikompartimentmodells*, im Speziellen bei der Abschätzung der fettfreien Masse, stellt der fix angenommene Hydrationswert dieses Kompartiments von 73,2% dar. Dieser entspricht dem Hydrationsstatus eines normal, gesund ernährten Menschen. Wird dieser Wert nicht erreicht, führt dies zu Einschränkungen bei der Genauigkeit der Messung. Bei dehydrierten Personen, kommt es zu einem Trendverlauf der Messergebnisse in Richtung höherer Fettmasse. Der umgekehrte Fall stellt sich bei krankheitsbedingter Überwässerung (Mangelernährung, Ödembildung, Hormonschwankungen) ein. [WITHERS et al., 1999] Beim Einsatz im klinischen Bereich ist das *Zweikompartimentmodell* für eine stichhaltige Beurteilung der fettfreien Masse

eher in den Hintergrund zu stellen. Die Veränderungen der fettfreien Masse werden zwar mit diesem Modell erfasst, aber die relevanten Verschiebungen der extrazellulären Masse und der Körperzellmasse innerhalb einer konstanten fettfreien Masse werden nicht mit einbezogen. [MUELLER, 2007] Um diese Fehler zu beheben, kann beim sogenannten *Dreikompartimentmodell* das Körpergewicht eingeteilt werden in die Fettmasse und die fettfreie Masse. Letztere teilt man nochmal in die extrazelluläre Masse und die Körperzellmasse, somit ergeben sich die drei Kompartimente. [ELMADFA, 2009] Mit Methoden wie der Gesamtkörperkaliumbestimmung (^{40}K -Zählung), eine der Referenzmethoden zur Bestimmung zellulärer Räume, lassen sich sehr gut Korrelationen zwischen diversen Bioimpedanz-Messungen (unter Verwendung des *Dreikompartimentmodells*) und zellulären Räumlichkeiten herstellen. [EDLINGER, 2002] Modelle, die noch weitere Körperkompartimente mit einbeziehen, wie zum Beispiel das Skelett oder die Muskelmasse nennt man *Mehrkompartimentmodelle* mit dem *Vierkompartimentmodell* als Vertreter. Diese Modelle unterscheiden zwischen 1.) Fett, 2.) Muskulatur (37-51% der LBM), 3.) Nicht-Muskel Masse und 4.) Skelett (17-23% der LBM) beziehungsweise zwischen 1.) Knochenmineralien (Aschegehalt), 2.) Triglyceriden, 3.) Protein und 4.) Wasser. [WELLS und FEWTRELL, 2006] Die *Mehrkompartimentmodelle* wurden von HEYMSFIELD und seinen Mitarbeitern im Jahre 1989 validiert. Sie konstatierten, dass die Kompartimente Gesamtkörperwasser, Protein, Knochen Masse/Nicht-Knochen Masse und Fett mehr als 97% der gemessenen Körpermasse ausmachen. Einen wesentlichen Vorteil gegenüber den anderen Modellen stellen das *Drei-* und *Vierkompartimentmodell* aufgrund ihrer erhöhten Exaktheit bei den jeweiligen Messungen dar. Diese wird durch das Miteinbeziehen der individuellen biologischen Variabilität in die Berechnung der fettfreien Masse erreicht. Obwohl bei Messmethoden wie der Computertomographie oder der „In-Vivo-Neutronenaktivierungs-Analyse“, bei denen die *Mehrkompartimentmodelle* als Grundlage dienen, sowohl mehr Zeit und Equipment als auch Fachkenntnisse bei der Anwendung erforderlich sind, werden sie mittlerweile als „Golden

Standard“ für anthropometrische Messungen zur Beurteilung der Körperzusammensetzung verwendet. [WITHERS et al., 1999]

Durch die Anwendung des richtigen Modells für das jeweilige Patientenkollektiv wird die Grundlage für eine differenzierte Aussage bezüglich des Ernährungszustandes und der Körperzusammensetzung (sowie die frühzeitige Erkennung einer Veränderung, z.B. ausgelöst durch Fehlernährung) geschaffen. [MUELLER, 2007]

Tabelle 1: Modelle der Körperzusammensetzung (Darstellung des 1. - 4.

Kompartimentmodells von oben beginnend) [modifiziert nach MUELLER, 2007]

Körpergewicht				
Fettfreie Masse (FFM)			Fettmasse (FM)	
Körperzellmasse (BCM)		Extrazelluläre Masse (ECM)		Fettmasse (FM)
Skelett	Skelettmuskel		Übrige Gewebe	Fettmasse (FM)
Mineralien	Protein	Wasser		Triglyceride

2.2 Ermittlung der Körperzusammensetzung- Bioelektrische Impedanzanalyse

2.2.1 Prinzipien der bioelektrischen Impedanzmessung Reaktanz, Resistanz und Phasenwinkel

Die sogenannte bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) ist eine relativ einfach durchführbare, sichere, preiswerte und nicht invasive Messmethode zur Abschätzung der Körperzusammensetzung und in weiterer Folge zur Erfassung des Ernährungszustandes eines Menschen. Die Grundlage der bioelektrischen Impedanzanalyse stellt die unterschiedliche Leitfähigkeit eines elektrischen

Wechselstroms in den diversen Gewebe- und Zellarten des menschlichen Körpers dar und basiert somit auf einer physikalischen Grundlage. Die physikalischen Prinzipien, welche als Prämisse für diverse Auswertungen von Ergebnissen der BIA-Messung dienen, basieren auf dem Ohmschen Gesetz. Das Ohmsche Gesetz wird definiert als „ $U=R \cdot I$ (U =Spannung [V], R =Widerstand [Ω], I =Stromstärke [A])“. [EDLINGER, 2002] Unter der Annahme, dass ein elektrischer Wechselstrom durch einen menschlichen Körper geleitet wird, so leiten die extrazellulären Räume (120 Ohm/cm) bzw. die Muskelmasse (250 Ohm/cm) den Wechselstrom bedeutsam besser als die Skelett,- (3.500 Ohm/cm) und Fettmasse (2.500 Ohm/cm), welche somit viel höhere Widerstände aufweisen. [STEIN und JAUCH, 2003] Der italienische Physiker namens Luigi Aloisius Galvani (1737-1798) war der Erste, der bereits im Jahre 1786 den Einfluss von elektrischen Strom auf diverse Gewebestrukturen im menschlichen Körper erforschte. Die Ideologie der bioelektrischen Impedanzanalyse, wie sie heutzutage bekannt ist, wurde aber in den Jahren 1962 und 1963 von THOMASSET erstmals erforscht, mit Untersuchungen von Körperflüssigkeiten im menschlichen Organismus im Zusammenhang mit Wechselstromwiderständen. NYBOER (1979) und HOFFER et al. (1969) konnten bereits einige Jahre später die bioelektrische Impedanzmethode optimieren, indem sie z.B. die damals gängige subkutane Anwendung von Stahlnadeln als Elektroden durch die heutzutage angewandte Methode der Anbringung von vier dünnen Elektroden an Hand und Fußrücken ersetzten. Das Konzept zur Abschätzung der Körperzusammensetzung basiert auf dem Zusammenhang zwischen dem Flüssigkeitsgehalt (Leitfähigkeit) des menschlichen Körpers und dem Widerstand, welchen dieser dem eingesetzten Wechselstrom eines Bioimpedanz-Gerätes entgegen bringt. [STEIN und JAUCH, 2003] BIA-Messungen basieren auf dem Prinzip, dass ein schwacher, risikoloser Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 kHz und einer Stromstärke von 800 μ A segmental durch die Extremitäten und den Rumpf geleitet wird. Durch diesen Vorgang kann der Gesamtwiderstand, die sogenannte Impedanz (Einheit: Z) und die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung gemessen werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Skelettmasse und die

Fettmasse den Wechselstrom nur gering leiten, weisen sie bei der BIA-Messung einen großen Widerstand, das heißt eine hohe Impedanz, auf. Das elektrolythaltige Körperwasser, welches sich in der fettfreien Masse befindet, leitet dagegen den Wechselstrom besonders gut, dies wird an den niedrigen Impedanz Werten kenntlich gemacht. Die Impedanz (Einheit: Z) wird definiert durch zwei Messgrößen, nämlich der Resistanz (Einheit: R_z) und der Reaktanz (Einheit: X_c). Die Resistanz (Einheit: R_z) entspricht dem Ohmschen Widerstand zur Bestimmung des Körperwassers. Diese Größe wird von Gewebeflüssigkeiten und Elektrolyten sowohl im extrazellulären als auch im intrazellulären Raum bestimmt. [KYLE et al., 2004] Unter einem Ohmschen Widerstand wird ein elektrischer Widerstand bezeichnet, dessen Widerstandskraft unabhängig von Frequenz, Spannung und Stromstärke ist und der im Gleichstromkreis ident groß als im Wechselstromkreis ist. [WINTER und MARINESCU, 2007] Die Resistanz (Einheit: R_z) steigt mit zunehmender Körpergröße (oder bei einer segmentalen Messung mit der Länge der Gliedmaßen) und sinkt mit einer steigenden Querschnittsfläche des Rumpfes. Zum Gesamtkörperwasser verhält sich die Resistanz (Einheit: R_z) somit invers proportional. Daraus resultiert die Tatsache, dass übergewichtigere Personen im Vergleich zu gleichgroßen, schlankeren Personen niedrigere Resistanz Werte aufweisen. Personen mit zunehmender Körpergröße weisen indes höhere Resistanz Werte auf als Menschen mit niedrigerer Körpergröße. [MUELLER, 2007] Die Reaktanz (Einheit: X_c) entspricht dem kapazitiven Widerstand zur Messung der Körperzellen. Die Reaktanz dient somit als Maß zur Beurteilung der Körperzellmasse. [DEHGHAN und MERCHANT, 2008] Der kapazitive Widerstand, auch als Blindwiderstand oder Kondensatorwiderstand im Wechselstromfeld bezeichnet, wird maßgeblich durch die Kapazität des jeweiligen Kondensators bestimmt, welcher den Stromfluss in einem Wechselstromkreis nicht verhindert sondern vielmehr als elektrischer Widerstand fungiert. [WINTER und MARINESCU, 2007] Im Falle der bioelektrischen Impedanzmessung verhalten sich die, aus Lipiddoppelschichten aufgebauten, menschlichen Zellen als Kugelkondensatoren. Die jeweilige Höhe der Reaktanz (Einheit: X_c) ist sowohl abhängig von der Anzahl der

Zellmembranen (und somit der Anzahl der Körperzellen), der interzellulären Matrix als auch von dem Anteil an festem Gewebe (z.B. der Knochenmasse). Somit kann die Reaktanz (Einheit: X_c) als ein Faktor, der sich proportional zur Körperzellmasse verhält, dargestellt werden. [DEHGHAN und MERCHANT, 2008]

Tabelle 2: Referenz- Messbereiche für Resistanz (Einheit: R_z) und Reaktanz (Einheit: X_c) [modifiziert nach AENGUS ERNÄHRUNGSKONZEPTE GMBH, 2012]

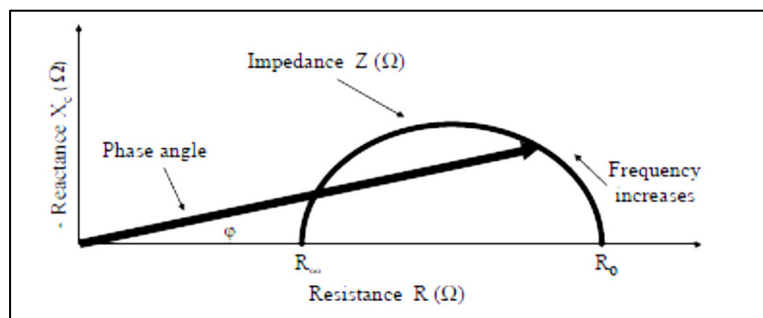
Resistenz R_z	Messbereich: ca. 350-900 Ohm
450-650 Ohm	Normbereich
<450 Ohm	Erhöhter Wassergehalt
>750 Ohm	Relativ dünne Gliedmaßen und verringerter Wassergehalt
Reaktanz X_c	Messbereich: ca.20-100 Ohm
45-65 Ohm	Normbereich
<35 Ohm	Wassereinlagerungen im extrazellulären Bereich bzw. geringe Muskulatur
>70 Ohm	Im Extrazellulärbereich trocken, dünne Gliedmaßen

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, machen die angegebenen Normbereiche der Reaktanz rund zehn Prozent der Resistanz Werte aus. Hieraus wird deutlich, dass sich die Impedanz (Einheit: Z) hauptsächlich aus der Resistanz zusammensetzt. [SVEN, 2011]

Ein Kondensator im Wechselstromfeld wird bei jeder anwachsenden Spannung geladen und erneut entladen während die Spannung abklingt. Da das Verhalten

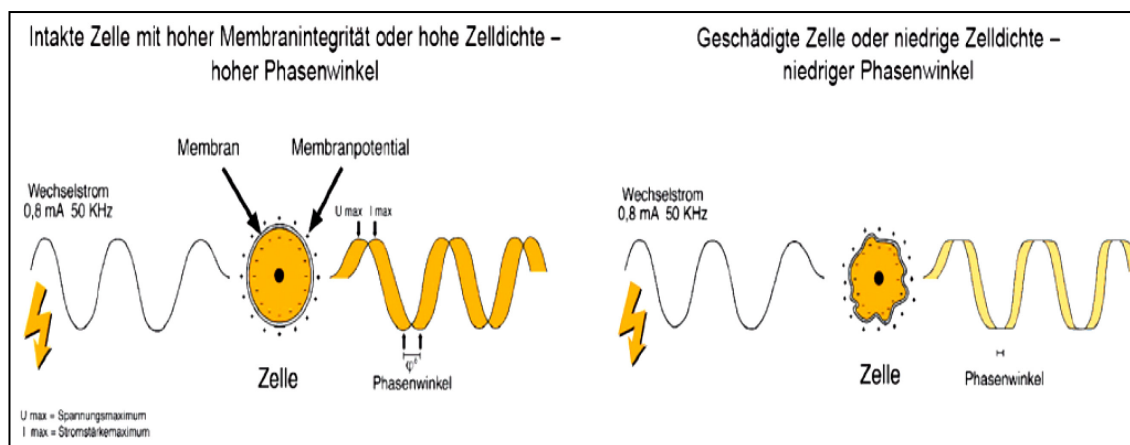
einer Körperzelle dem eines Kugelkondensators entspricht, setzt auch diese dem An-, und Abklingen einer Spannung im Wechselstromfeld einen kapazitiven Widerstand entgegen. Dieser Widerstand (Einheit: X_c) führt in dem Stromkreis zu einer Phasenverschiebung, was bedeutet, dass die vorliegende Spannung und der Strom zeitlich außer Phase geraten, wobei aber der Strom in gewisser Masse der Spannung voraus eilt. [KYLE et al., 2004] Aufgrund dieser Phasenverschiebung im Wechselstrom entsteht der sogenannte Phasenwinkel (Einheit: Grad). Da alle drei Parameter Resistanz, Reaktanz und der Phasenwinkel frequenzabhängig sind, konnte beim Einsatz von Geräten, welche auf multiplen Frequenzen messen oder bei sogenannten „Bioelektrischen Impedanz Spektroskopie Geräten“ (messen mit einem weiten Spektrum von Frequenzen zwischen 5 und 500 kHz) folgendes festgestellt werden: im niedrigen Frequenzbereich wird der kapazitive Widerstand von Zellmembranen meist nicht überwunden, de facto ist die Reaktanz (Einheit: X_c) groß und der Strom wird fast gänzlich durch extrazelluläres Wasser geleitet. [MUELLER, 2007] Hingegen kann bei höher eingesetzten Frequenzen der aufgebrachte kapazitive Widerstand der Zellmembranen durchdrungen werden, die Reaktanz ist gering und der Strom kann sowohl durch extra,- als auch durch intrazelluläres Wasser geleitet werden. Wenn im Falle einer BIA-Messung sowohl Werte des extra,- als auch des intrazellulären Wassers eruiert werden, kann eine bessere Aussagekraft der Messergebnisse gewährleistet werden. Grundlage hierfür ist ein mathematisches Modell, das sogenannte „Cole-Modell“ [KYLE et al., 2004] (Abb.1)

Abbildung 1: Darstellung der Resistanz (Einheit: R_z) und der Reaktanz (Einheit: X_c) im Zusammenhang mit dem Phasenwinkel (ϕ) ("Cole-Modell") [KYLE et al., 2004]



Der Phasenwinkel (Einheit: Grad) wird gehäuft als aussagekräftiger Parameter für die Beurteilung der gesamten Körperzellmasse bzw. in weiterer Folge der Muskulatur eingesetzt. Einflussgrößen auf den Phasenwinkel stellen die Membranintegrität der jeweiligen Zellen, die Größe der Zellmasse und der Hydrationszustand der fettfreien Masse dar. Ein sinkender Phasenwinkel wird gehäuft als Indikator zur Bestimmung des Ernährungszustandes im klinischen Bereich herangezogen. Die Hauptursache eines abnehmenden Phasenwinkels stellt eine gehäufte Ansammlung von Körperwasser im Extrazellulärraum der fettfreien Masse dar. Neben einem Muskelabbau (aufgrund einer katabolen Stoffwechsellage) kann auch eine Niereninsuffizienz (Überwässerung des Extrazellulärspaces infolge einer Irritation des Wasserhaushaltes) zu dieser Veränderung der Körperzusammensetzung führen. Konträr hierzu ist ein steigender Phasenwinkel durch den Aufbau von Zellmasse oder bei starker Dehydration (wie es meist bei Anorexie zu beobachten ist), zu erklären. [DATA INPUT, 2010] (Abb.2)

Abbildung 2: Entstehung eines niedrigen und hohen Phasenwinkels [DATA INPUT, 2010]



Bei der Verwendung des Phasenwinkels zur Beurteilung von Veränderungen der Körperzusammensetzung, sollte in der ernährungsmedizinischen Praxis vor allem darauf geachtet werden, dass populations-spezifische Referenzwerte für den jeweiligen errechneten Phasenwinkel verwendet werden um valide Messergebnisse zu gewährleisten. Die groß angelegte Studie von BOSY-WESTPHAL et al. im Jahre 2006 setzte sich zum Ziel, passende Referenzwerte für den Phasenwinkel (unter Einbeziehung von BMI, Alter und Geschlecht) zu erstellen. Es konnte gezeigt werden, dass das Alter und das Geschlecht vor allem bei den Erwachsenen zu den Haupt-Einflussvariablen des Phasenwinkels zählen, hingegen waren die Hauptfaktoren bei Kindern und Jugendlichen der BMI und das Alter.

Die des Öffnen in der Literatur auftretende Behauptung, dass ein errechneter Phasenwinkel von 2 oder 3 Grad einhergeht mit einer verlängerten Verweildauer der Patienten im Krankenhaus, konnte von der Arbeitsgruppe rund um HILTMANN et al. im Jahre 2009, bei der man den Phasenwinkel als prognostischen Parameter bei der Interpretation von Körperzusammensetzungen untersuchte, bestätigt werden.

Der Phasenwinkel findet auch andere Einsatzmöglichkeiten wie z.B. als Interpretationsgrundlage (Vitalitäts-Parameter) in Studien, welche sich mit kolorektalen Karzinomen oder der Überwachung der Körperzusammensetzung von HIV-Patienten während der Therapie beschäftigen. [CUPTA et al., 2004]

Tabelle 3: Referenzbereiche für den Phasenwinkel (Einheit: Grad) [modifiziert nach DATA-INPUT, 2010]

Phasenwinkel PA (Einheit: Grad)	Messbereich von 2° bis ca. 12 °
4,5 ° – 7 °	Normbereich
<4,5 °	Wassereinlagerung im extrazellulären Bereich bzw. verringerte Muskulatur
>7 °	Im Extrazellulärraum trocken, dünne Gliedmaßen und viel Muskulatur

2.2.2 Messparameter

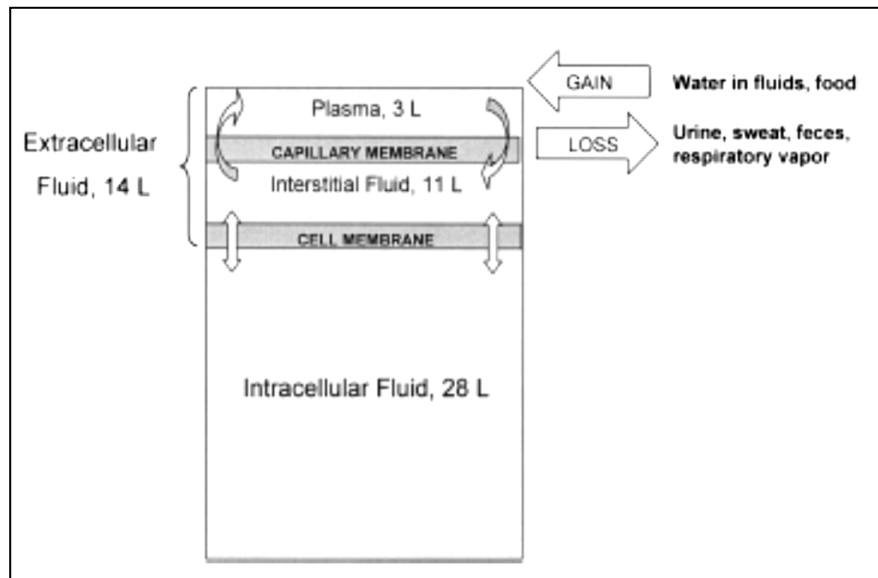
Unter Einbeziehung von Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße werden mittels eines Bioimpedanz Analysegerätes die Impedanz Werte Reaktanz, Resistanz und der Phasenwinkel (siehe Kapitel 2.2.1) gemessen. Durch Einsetzen der gemessenen Werte in validierte Gleichungen, können Rückschlüsse auf die fettfreie Masse und das Gesamtkörperwasser und in weiterer Folge auf ableitbare Größen dieser, geschlossen werden. [THIBAUT und PICHARD, 2012]

2.2.2.1 Gesamtkörperwasser (Total Body Water)

Das Gesamtkörperwasser des menschlichen Körpers setzt sich dem extrazellulären Flüssigkeitsanteil und der intrazellulären Flüssigkeit zusammen. Bei einem normalgewichtigen Menschen beträgt der Anteil der extrazellulären Flüssigkeit ungefähr 18-24%. Die extrazelluläre Flüssigkeit wird separiert in a.) Plasmaflüssigkeit, d.h. die Flüssigkeit, welche sich in den Lymph- und Blutgefäßen befindet (etwa 19% der extrazellulären Flüssigkeit), b.) die transzelluläre Flüssigkeit, welche sich in den Hohlräumen wie Gallenblase, Darmlumen, der Harnblase sowie an den Schleimhäuten und der Haut befindet (ca. 8% der extrazellulären Flüssigkeit) und zu guter Letzt in c.) die interstitielle Flüssigkeit, welche sich im Bindegewebe rund um die Zellen herum verteilt (rund 73% der extrazellulären Flüssigkeit). [ELMADFA, 2009] Die interstitielle Flüssigkeit wird durch den kolloidosmotischen Druck und weitere Faktoren wie der Kapillardurchlässigkeit oder den Lymphfluss gesteuert. [MUELLER, 2007] Bei der intrazellulären Flüssigkeit spricht man von jener Flüssigkeit, welche sich in den Körperzellen befindet und dort zirkuliert. Aufgrund der Tatsache, dass die intrazelluläre Flüssigkeit, mit einem Großteil der derzeit eingesetzten Impedanz Geräte nicht direkt gemessen werden kann, wird meist eine Berechnung herangezogen, in der man die extrazelluläre Flüssigkeit von der Gesamtkörperflüssigkeit subtrahiert um somit den intrazellulären Flüssigkeitsanteil zu erhalten. [DE LORENZO et al., 1997] Laut ARMSTRONG, 2007 beträgt der Gesamtflüssigkeitsgehalt eines 70 kg schweren Menschen 42 Liter (das sind ca. 60% des Körpergewichts), welcher sich wiederum aus 14

Liter extrazellulärer Flüssigkeit und 28 Liter intrazellulärer Flüssigkeit zusammensetzt. (Abb.3)

Abbildung 3: Zusammensetzung der Gesamtkörperflüssigkeit in intra-, und extrazelluläre Flüssigkeit [ARMSTRONG, 2007]



2.2.2.1.1 Wasserbalance und Hydrationsindex

Im Gegensatz zur Gesamtkörperflüssigkeit, welche das Verhältnis von intra- zu extrazellulärer Flüssigkeit widerspiegelt, wird die Wasserbalance als aussagekräftiger Parameter zur Beurteilung des Hydrationsstatus einer Person herangezogen. Die Wasserbalance gibt das Verhältnis des Extrazellulärwassers (in %-Angabe) zur Menge der errechneten Körperzellmasse in Form von Perzentilen an.

Der Hydrationsindex hingegen charakterisiert die Relation der extrazellulären Flüssigkeit zum gesamten Körper (d.h. zur Gesamtkörperzellmasse). [VAN LOAN, 1990]

2.2.2.2 Fettfreie Masse (Magermasse)

Die fettfreie Masse wird in zwei Bestandteile, nämlich die Körperzellmasse (Body Cell Mass) und die extrazelluläre Masse (Extracellular Mass) unterteilt. Neben der fettfreien Masse wird oftmals der Begriff der Magermasse (Lean

Body Mass) verwendet. Infolge des minimalen Unterschiedes der beiden Größen, wird die Magermasse in der Praxis des Öfteren synonym zur fettfreien Masse verwendet. Die Magermasse wird definiert als die Differenz zwischen Körpergewicht und dem Fettgewebe und bezieht im Gegensatz zur fettfreien Masse (keinerlei Fett wird in die Berechnung inkludiert), das Strukturfett in deren Berechnung mit ein. [ELMADFA, 2009] Neben Wasser setzt sich die Magermasse aus rund 2-3% Lipiden (Lipide des Gehirns, der Nerven und diverser Organe) und über 20% aus festen Zellbestandteilen zusammen. Hinsichtlich der Tatsache, dass die fettfreie Masse zu einem großen Teil aus Wasser besteht, wird für deren Berechnung ein konstanter Hydrationskoeffizient von 73,2 % beim Gesunden, euhydrierten Menschen angewandt. Speziell bei vorliegender Mangelernährung oder bei Patienten, welche ein schweres Trauma erlitten haben, ist eine Zunahme des Hydrierungsgrades der Magermasse einhergehend mit einem Verlust der Körperzellmasse zu erwarten. Der Hydrationsstatus der fettfreien Masse kann im Falle einer Anorexie in einem Messbereich von 65 % liegen und sich bis zu 90 % bei Patienten mit Ödemen ausweiten. [BIESALSKI et al., 2010] Über diese Erkenntnisse hinausgehend konnte 2004 in einer Studie von PICHARD et al. gezeigt werden, dass eine direkte Assoziation zwischen einer niedrigen fettfreien Masse und einer verlängerten Aufenthaltsdauer im Krankenhaus besteht.

2.2.2.3 Körperzellmasse (Body Cell Mass)

Bereits im Jahre 1963 wurde erstmals von MOORE und seinen Mitarbeitern ein Konzept der Körperzellmasse dargelegt, in welchem die gesamte Body Cell Mass als zelluläre Komponente zusammengefasst wird, welche in biochemische Prozesse und den menschlichen Energiemetabolismus involviert ist. Die Körperzellmasse wird in diesem Kontext beschrieben als die Summe aller Zellen, welche Sauerstoff verbrauchen, Glucose oxidieren und einen überaus hohen Gehalt an Kalium aufweisen. Unter dem Begriff der Körperzellmasse werden vor allem die Zellen der Skelett- und der glatten Muskulatur, Zellen der inneren Organe und des Blutes, Zellen des Gastrointestinaltraktes und des Zentralnervensystems sowie der Drüsen und

des Nervensystems als auch das intrazelluläre Wasser zusammengefasst. Als stoffwechselaktives Gewebe ist die Körperzellmasse für beinahe alle physiologischen Aufgaben des menschlichen Körpers verantwortlich. Dazu gehören die physikalische und chemische Arbeit im Metabolismus sowie weiters die Mitose und die Respiration von Zellen. [ELMADFA und LEITZMANN, 2004] Abgeleitet von der fettfreien Masse, wird die Körperzellmasse als Maß der kompletten Proteinsynthesekapazität angesehen. Speziell im klinischen Bereich wird der Körperzellmasse als Beurteilungsgröße der Stoffwechsellage und des Weiteren zur Beurteilung des Eiweißumsatzes große Bedeutung zugeschrieben. Des Öfteren wird von einer „heterogenen“ Zusammensetzung der Körperzellmasse gesprochen. Die Körperzellmasse, in der 99% aller im Körper stattfindenden Stoffwechselprozesse ablaufen, setzt sich aus den Zellen der Skelettmuskulatur („Muskel Masse“) und den Zellen der inneren Organe („Nicht-Muskel Masse“) wie zum Beispiel der Lunge, der Leber und dem Herz zusammen. Bei gesunden und relativ normalgewichtigen Personen, beträgt das Verhältnis von der reinen Muskel-Masse zur „Nicht-Muskel Masse“ 3,5:1 bis ungefähr 4:1. Bei katabolen Stoffwechsellagen kann das Verhältnis Muskel zu „Nicht-Muskel Masse“ in Richtung der „Nicht-Muskel Masse“ verschoben sein. [MUELLER, 2007] Speziell im klinischen Bereich ist es schwierig die Größe der Körperzellmasse abzuschätzen aufgrund der Komplexität des Kompartiments, welches sowohl alle fettlosen Zellen als auch die wässrigen Kompartimente der Adipozyten vereint. [KYLE et al., 2004] Ausgehend von einem durchschnittlichen Ernährungsstatus werden folgende Normwerte angegeben: für Frauen (18-75 Jahre) ungefähr 51-58% Körperzellmasse Anteil an der Magermasse und bei Männern 53-60%. Verringerungen der Körperzellmasse werden bei Bioimpedanz-Messungen neben dem eigentlichen Parameter der Körperzellmasse durch eine Abnahme der Werte des Phasenwinkels und der Reaktanz sichtbar. [MUELLER, 2011] Noch bevor die Bioimpedanzanalyse als validierte Methode zur Quantifizierung der Körperzellmasse verwendet werden konnte, wurde der Gesamtkörperkaliumgehalt als Interpretationsgrundlage herangezogen. Dadurch sich mehr als 97% des Gesamtkörperkaliums intrazellulär befindet,

konnten Berechnungen bezüglich der Größe der Körperzellmasse aufgestellt werden. [KOTLER et al., 1996]

Die Arbeitsgruppe rund um MONK et al. berichtete im Jahre 1996, dass die Körperzellmasse (Body Cell Mass) eng mit dem Gesamtkörperprotein Bestand korreliert.

2.2.2.4 Extrazelluläre Masse (Extra Cellular Mass)

Als extrazelluläre Masse wird das tragende und versorgende Gewebe verstanden, welches den Raum rund um die aktive Zellmasse füllt. Die extrazelluläre Masse kann unterteilt werden in flüssige und feste Bestandteile. Zu den flüssigen Komponenten der extrazellulären Masse zählen das Blutplasma, die Lymphe, interstitielles und transzelluläres Wasser sowie Gelenks-, Pleura und Peritonealflüssigkeit. Die festen Bestandteile der extrazellulären Masse werden definiert durch das Skelett, die Sehnen und Faszien sowie den Komponenten Elastin und Kollagen. Referenzwerte, welche bei gesunden und normalgewichtigen Menschen ausgegeben werden, liegen für die extrazelluläre Masse bei ungefähr 30% des Körpergewichtes. [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]

2.2.2.5 ECM/BCM Ratio

Eine weitere Messgröße, welche nach Berechnung der extrazellulären Masse bzw. der Körperzellmasse aufgestellt werden kann, ist das ECM/BCM Ratio, welches dem Verhältnis von extrazellulärer Masse zu intrazellulärer Masse entspricht. Bei diesem Ratio handelt es sich um eine vom Körpergewicht unabhängigen Größe. Ausgehend von einem gesunden Personenkollektiv beläuft sich das Verhältnis ECM/BCM auf einen Wert zwischen 0,8 und 1. Bei auftretenden Werten des ECM/BCM Ratios über 1 können verstärkte Wassereinlagerungen im extrazellulären Bereich, welche somit die Größe der Körperzellmasse verringern, als Ursache angenommen werden. Dieses Phänomen wird vor allem sehr oft in der Intensivpflege beobachtet, hervorgerufen durch Ödembildung unterschiedlicher Art (Liege-, Lymphödeme),

Herz- oder Niereninsuffizienz sowie als Indikator einer beginnenden Mangelernährung. [JUNG, 2002] Insbesondere kann die Abnahme der Körperzellmasse durch dieses Verhältnis von ECM/BCM sehr gut beschrieben werden. Dadurch erscheint dieser Parameter als geeignet explizit für katabole Stoffwechsellagen den Ernährungszustand zu beschreiben. [WEIMANN et al., 1996] Desweiteren können aber auch Hydrationslagen des menschlichen Organismus wie extreme Dehydration bei gleichzeitig auftretender Mangelernährung (Körperzellmasse stark erniedrigt) zu starken Abweichungen des Verhältnisses beider Kompartimente führen. Im umgekehrten Falle können erhöhte Werte der BCM (ausgeprägte Muskelmasse) als Ursache für ein ECM/BCM Ratio kleiner als 1 herangezogen werden.

Die eben genannten Interpretationsmöglichkeiten zur Körperzusammensetzung hinsichtlich dieses Parameters spiegeln die Relevanz einer Einschätzung des Verhältnisses der beiden Größen ECM und BCM unter Berücksichtigung der Gesamtsituation des zu beurteilenden Körpers wider. [JUNG, 2002]

2.2.2.6 Fettmasse (Body Fat)

Die Fettmasse wird als eine unerlässliche Kenngröße zur Beurteilung der Energiebilanz angesehen. In der Ernährungsmedizin wird sie zur Einschätzung der Energiespeicher bei sowohl übergewichtigen als auch bei kachektischen Patienten eingesetzt. Das menschliche Fettgewebe baut sich aus der extrazellulären Flüssigkeit, den Fettzellen und dem Endothel samt Bindegewebe auf. Infolge der Tatsache, dass die Membranbeschaffenheit der Fettzellen nicht denen in der fettfreien Masse entspricht (keine Doppelzellmembran), können sie keinen kapazitiven Widerstand aufbauen und wirken somit mehr oder minder als Isolator für den durch den Körper geleiteten Wechselstrom bei einer durchgeführten bioelektrischen Impedanzmessung (siehe Kapitel 2.2.1). [MUELLER, 2007] Diverse Faktoren, wie die Fettverteilung im Körper oder der Hydrationsstatus, haben Einfluss auf die Bestimmung der Fettmasse durch die BIA. Die durchschnittlichen Körperfettanteile in Prozentangaben am Gesamtkörpergewicht bei normalgewichtigen Personen

betragen laut einer Klassifikation von GALLGHER et al. (2000) bei 30jährigen Männern im Schnitt 8-20% und bei 30jährigen Frauen ungefähr 21-33 %.

Man hat herausgefunden, dass bei 1-Kanal BIA-Messungen der Rumpfbereich nur 10% des Gesamtkörperwiderstandes definiert, wobei die Masse des Rumpfbereiches bei übergewichtigen Personen (stammbetonte Adipositas) ca. 50% des Körpergewichtes ausmacht. Meist führt dies dazu, dass die gemessene Fettmasse für zu gering angesehen wird, weil der Körperstamm (Rumpf), der den größten Anteil am Körpergewicht trägt, wesentlich weniger zur Gesamtkörper Impedanz beiträgt als die Extremitäten. [DRUML et al., 2004]

2.2.2.7 Body Mass Index (BMI)

Der sogenannte Body Mass Index ist einer an die Körpergröße adjustierter Gewichtsindex. Bei der Berechnung des BMI wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem Logarithmus des Gewichts und der Größe vorausgesetzt, welcher speziell bei der Beurteilung des Schweregrades eines vorherrschenden Übergewichtes zum Tragen kommt. Die Körpergröße nimmt relativ wenig Einfluss auf den Body Mass Index, wohingegen eine starke Korrelation mit der Fettmasse vorliegt. Ein Problem des BMI stellt das Unvermögen dar, Fett-, und fettfreie Masse (z.B. Muskulatur) zu unterscheiden. Neben dieser Problematik stößt der BMI auch bei Imbalancen der Flüssigkeitsverteilung im Körper (z.B. vorliegende Ödeme bei Intensivpatienten) an seine Grenzen. Durch die bereits beschriebene Unfähigkeit des BMI, die Fett-, und die fettfreie Masse zu unterscheiden, können in weiterer Folge auch keine Schwankungen bei den Parametern der fettfreien Masse infolge starker Flüssigkeitseinlagerungen detektiert werden. Bei Vorliegen eines derartigen Hydrationszustandes würde der BMI lediglich einen erhöhten Schweregrad eines Übergewichtes zeigen, aufgrund eines erhöhten Körpergewichtes. Bei der Beurteilung von Gewichtsveränderungen dient der BMI nach wie vor als „Golden Standard“ bei unzähligen Ernährungsuntersuchungen. Kritisch betrachtet sollte dieser Parameter jedoch werden, wenn er als Beurteilungsgrundlage bei Veränderungen von Fettmasseanteil und fettfreier Masse eingesetzt wird. [WELLS und FEWTRELL, 2006]

2.2.3 Klinische Anwendungsbereiche der BIA

Bei Methoden, welche zur Ermittlung der Körperzusammensetzung im klinischen Bereich eingesetzt werden, sollte die Sinnhaftigkeit des Einsatzes dieser aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Unter der Sinnhaftigkeit werden in diesem Kontext die Genauigkeit und die Präzision der eingesetzten Methode sowie das Vorliegen von spezifischen, für die Methode passenden Referenzwerten verstanden. [BOSY-WESTPHAL, 2006] Die bioelektrische Impedanzmessung wird in der klinischen Thematik des Öfteren zur Charakterisierung und weiteren Diagnostik von Hydrationsstörungen eingesetzt. Neben anderen Untersuchungsmethoden dient sie als Zusatzinstrument bei der Diagnose einer Mangelernährung, bei Ernährungstherapien sowie bei etwaigen Verlaufskontrollen bei Gewichtsreduktionen. Einsatzbereiche der BIA können in der Adipositastherapie oder bei Essensstörungen, im geriatrischen Bereich, in der Gastroenterologie, bei „HIV-assoziiertem Wasting“, in der Nephrologie, Dialyse, Orthopädie, Sportmedizin, Pädiatrie, Kardiologie sowie in der Onkologie verzeichnet werden. [MUELLER, 2011] Die Wertigkeit und Sinnhaftigkeit des Einsatzes der Bioimpedanzmethode wurde bereits im Jahre 1994 bei der Konferenz des „National Institutes of Health Technology“ folgendermaßen beurteilt: „Die bioelektrische Impedanzanalyse bietet eine reliable Schätzung des Körperwassers. Die Methode ist nützlich zur Analyse der Körperzusammensetzung bei Gesunden und bei einigen chronischen Affektionen wie z.B. Adipositas, Diabetes Mellitus und anderen internistischen Erkrankungen, bei denen es zu extremen Störungen der Flüssigkeitsverteilung im Organismus kommt.“ [NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH TECHNOLOGY ASSESSMENT CONFERENCE STATEMENT, 1996]

2.2.3.1 Bioelektrische Impedanzmessung auf der Intensivstation

Ausgehend von dem derzeitigen Stand der Wissenschaft können valide Aussagen über die Körperzusammensetzung bei gesunden Personen durch BIA-Messungen getätigt werden. Bezüglich der Durchführung von BIA-Messungen bei Patienten im Intensivbereich liegen derzeit viele kontroverse Aussagen vor. Nicht selten sind Behauptungen, welche sich gegen den Einsatz der BIA auf der Intensivstation verschreiben, auf stark abweichende Hydrationsmuster zurückzuführen. [STEIN und JAUCH, 2003] Einer der Gründe warum es bis dato im Bereich der Intensivmedizin relativ wenige Studien gibt, ist womöglich auf die erschwerte Interpretation der Messergebnisse durch erhöhte Schwankungen des Gesamtwassergehaltes sowie in weiterer Folge der diffizilen Interpretation der fettfreien Masse zurückzuführen. Eine der ersten Untersuchungen, welche die bioelektrische Impedanzanalyse auf einer Intensivstation einsetzte, um Messungen an unterernährten Personen durchzuführen, wurde im Jahre 1993 von der Arbeitsgruppe rund um ROBERT et al. durchgeführt.

Einige Jahre später gab JACOBS (1996) in einer seiner Veröffentlichungen an, dass Bioimpedanz-Messdaten von akut kritisch kranken Patienten im Vergleich zu Daten von chronisch kranken Patienten eine geringere Reproduzierbarkeit aufweisen. Seiner Meinung nach wäre das zurückzuführen auf diverse Einflussparameter, wie den raschen Änderungen des Hydrationsstatus oder durch schwer eruierbares Körpergewicht. JACOBS proklamierte, dass Messungen der Körperzusammensetzung in Bezug auf die Beurteilung des Hydrationsstatus bei kritisch kranken Patienten (Intensivpatienten) als äußerst relevant angesehen werden, jedoch stellt für ihn die bioelektrische Impedanzanalyse eine nicht präzise Anwendungsform in diesem Fachgebiet dar.

Die Veröffentlichung von KYLE et al. (2004) verschreibt sich vor allem der Erforschung neuer Validierungsformeln für den Einsatz von BIA-Messungen in den unterschiedlichsten klinischen Bereichen. Die Arbeitsgruppe brachte vor, weitere Validierungen der Bioimpedanzanalyse im klinischen Bereich durchzuführen, um Veränderungen von abnormen Hydrationsmustern oder

stark abweichender Fett,- bzw. fettfreier Massen von Patienten im Intensivbereich frühzeitig zu erkennen. Explizit wurde in dieser Arbeit aber darauf hingewiesen, die BIA-Messungen im klinischen Bereich unter äußerst akkuraten Bedingungen zu vollziehen, um die Ergebnisse als angemessene Beurteilungsgrundlage verwenden zu können.

Laut PIRLICH und NORMAN, 2011 erlaubt die Bioimpedanz-Messung eine qualitative Aussage um katabole Stoffwechsellagen frühzeitig zu erkennen bzw. den Verlauf einer Therapie zu kontrollieren.

Zusammenfassend kann vorgebracht werden, dass auf dem Gebiet der akuten, traumabedingten Katabolie nur sehr wenige Publikationen zur Verfügung stehen, welche sich mit dem Einsatz der Bioimpedanz-Messung auf der Intensivstation und auch der Sinnhaftigkeit der Ergebnisse dieser beschäftigen. Laut ARNOUT et al. (1993) sollte dennoch nicht außer Acht gelassen werden, dass der bioelektrischen Impedanzmessung im Bereich der Intensivmedizin eine mittlerweile unerlässliche Obliegenheit in der Disziplin der Risikoabschätzung einer Katabolie -insbesondere bei Trauma Patienten- zuteilwird.

2.3 Klinische Diagnose des Ernährungszustandes

Primär wird unter dem Ernährungsstatus (entspricht dem Ernährungszustand) die Bilanz zwischen dem Bedarf von Nahrungsenergie und dem Verbrauch dieser verstanden. Sekundär betrachtet, sind in einem definierten Untersuchungszeitraum noch weitere Faktoren wie das Körpergewicht und die Körpergröße oder die jeweilige Ausprägung der Körperkompartimente ausschlaggebend, denn diese beeinflussen das Ergebnis des Ernährungszustandes. [STEIN und JAUCH, 2003] Der Ernährungszustand kann mittels Anamnese und mit diagnostischen Messverfahren eruiert werden. Ein Hauptproblem, welches sich vermehrt bei der anamnestischen Diagnose ergibt, ist die subjektive Betrachtung des Patienten in Bezug auf seine Krankheitsgeschichte. Aus diesem Grund werden vor allem die diagnostischen Verfahren bevorzugt herangezogen um objektive Daten zu erhalten. Zu dieser Art von Verfahren werden neben den anthropometrischen Verfahren, zu denen

zum Beispiel die BIA Messung gezählt wird, auch Laborparameter zur Interpretation herangezogen. [LAUQUE, 1999] Speziell bei der Bewertung des Ernährungsstatus ergeben sich oftmals Probleme, weil dieser bei akut auftretenden Erkrankungen (Trauma) durch veränderte Stoffwechsellagen und Abbauvorgänge gewisser Körperkompartimente (Katabolie) geprägt ist. Im Bereich der Intensivmedizin wird der Ernährungsstatus des Öfteren als prognostischer Parameter verwendet um kumulative Kaloriendefizite, welche aufgrund von inadäquater Ernährung entstehen, zu vermeiden. [WEIMANN et al., 2011] Unter Miteinbeziehung von exakten Dokumentationen der Nahrungszufuhr und der Bewertung der Krankheitsschwere sowie der Betrachtung von Veränderungen der Körperzusammensetzung und der Evaluierung von Körper- und Organfunktionen können Beurteilungen von Ernährungszuständen abgegeben werden. [STEIN und JAUCH, 2003]

2.4 Traumabedingter Einfluss auf die Körperzusammensetzung

2.4.1 Trauma – Definition und Arten

Der Begriff Trauma wird definiert als eine körperliche Schädigung, welche durch eine akut auftretende Einwirkung von außen entsteht und mit diversen Gewebeerstörungen von lebenswichtigen Organen einhergeht. Diese äußerlichen Einwirkungen können thermischer, aktinischer, chemischer und mechanischer Natur sein. [BUEHREN et al., 2012] Je nach Art der betroffenen Körperregion werden diverse Arten von Traumen unterschieden. Neben Formen wie dem Thorax Trauma oder dem Spinal Trauma (hierbei treten Verletzungen im Bereich des Rückenmarks bzw. der Wirbelsäule auf) spricht man auch von dem sogenannten Schädel-Hirn Trauma, welches durch eine Gewalteinwirkung im Bereich des Kopfes eine Verletzung und/oder Funktionsstörung des Gehirns, des knöchernen Schädels oder der Kopfschwarte hervorrufen kann. [FIRSCHAU und KAHL, 2002] Im Falle der Verletzung mehrerer Organsysteme oder Körperregionen zugleich, welche in

Kombination lebensbedrohlich sein können, spricht man von einem sogenannten Polytrauma. [WILHELM, 2011]

2.4.2 Schweregradklassifikation eines Traumas – Scoring

Bezugnehmend auf die Klassifikation des Schweregrades eines erlittenen Traumas bedient man sich in der Intensivmedizin der Festlegung diverser Scores (engl. =Punktezahl). Unter einem Score in der Intensivmedizin versteht man die Absicht eine klinische-komplexe Situation, welche sich aus vielen einzelnen Parametern zusammensetzt (Laborparameter oder anamnestische Einflussvariablen sowie therapeutische Maßnahmen), auf einen einzigen Zahlenwert (Score) zu reduzieren. Dies bietet die Möglichkeit, Prognosen und Aussagen bezüglich des Zustandes des Patienten objektiv zu halten und Vergleiche mit anderwärtigen klinischen Outcomes treffen zu können. [BUCHARD et al., 2011]

Allgemeine Schweregradklassifikation

Der *Injury Severity Score* (ISS) ist einer der wichtigsten Scoresysteme in der Kategorie der allgemeinen Schweregradklassifikation. [WAYNE et al., 1988] Man versteht unter diesem Score die Darstellung einer anatomischen Klassifizierungstabelle, welche dazu dient, den Schweregrad einer Verletzung einzuordnen. Bereits im Jahre 1974 wurde von BAKER et al. auf Basis einer vereinfacht dargestellten Verletzungsskala, welche die Anatomie des menschlichen Körpers in 6 Körperregionen unterteilte (die sogenannte *Abbreviated Injury Scale*), der *Injury Severity Score* abgeleitet. Die Körperregionen werden eingeteilt in Verletzungen des knöchernen Schädels und der Halswirbelsäule, des Gesichts, des Brustkorbes und des Bauchraumes, der Extremitäten (wie Frakturen, Luxationen) sowie Prellungen und Verbrennungen. Ausgedrückt wird der ISS in Punkten, wobei dieser Score zwischen 0 und 75 liegen kann. Nimmt der *Injury Severity Score* einen Wert über 15 Punkte an, wird davon ausgegangen, dass es sich um ein Polytrauma handelt. [BAKER et al., 1974] Ein weiterer Score, welcher in Bezug auf die allgemeine Schweregradklassifikation erwähnt werden sollte, ist der *Simplified*

Acute Physiology Score, kurz SAPS. Das Hauptziel zur Entwicklung dieses Scores war die Gewinnung von Information über den physiologischen Zustand einer Person nach den initialen 24 Stunden nach Aufnahme auf der Intensivstation. Neben dem Aufnahmebefund, welcher chronische Leiden und Alter des Patienten erfasst, werden weiters physiologische Variablen mit einbezogen und diverse Laborwerte zur Berechnung erhoben. Diese Werte werden vom Intensivpersonal in eine speziell dafür entwickelte Software eingetragen, welche anschließend automatisch einen Score errechnet. [METNITZ et al., 2005] Die erste Form des *Simplified Acute Physiology Scores*, der SAPS II, wurde von LE GALL et al. im Jahre 1993 in einer groß angelegten „European/North American Multicenter Study“ erfolgreich zum Einsatz gebracht. Die Kritik von MORENO et al. im Jahre 2005 an der Ausarbeitung des SAPS II war, dass dieses Score-System lediglich auf Referenzdaten aus Europa und Nordamerika basiert. Man befürchtete vor allem eine Einschränkung beim Erhalt von repräsentativen Daten im globalen Vergleich. Um diese Problematiken zu berücksichtigen, wurde der SAPS II neu überarbeitet und als Produkt der SAPS III hervorgebracht, welcher derzeit in der Intensivtherapie präsent ist. Mit dem SAPS III wurde ein multidimensionaler Faktor entwickelt, mit dem Potenzial, sich nicht nur allein auf das klinische Outcome eines Patienten zu konzentrieren, sondern auch den Einfluss von Unterschieden im Gesundheitssystem diverser Krankenhäuser (Intensivstationen) in Bezug auf den Patienten zu reflektieren. [METNITZ et al., 2005]

Score in Therapie und Pflege

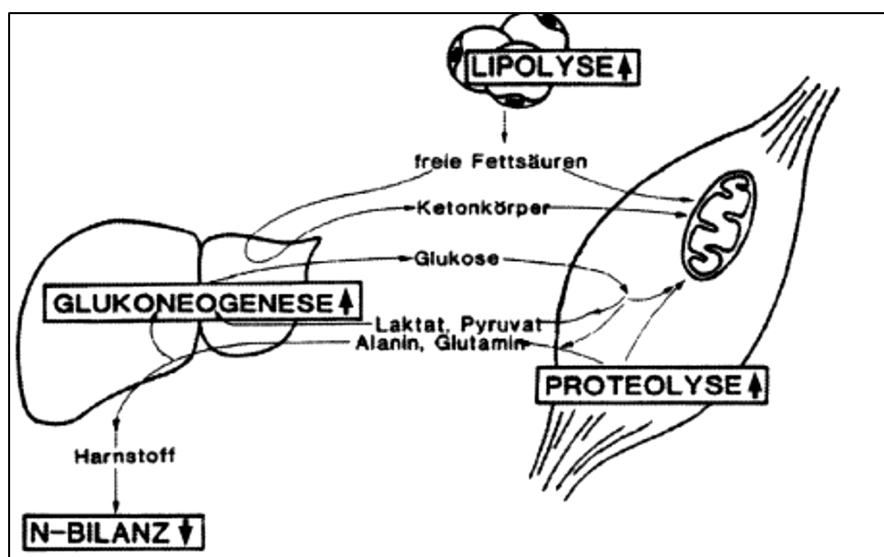
Ein Scoresystem, welches hauptsächlich im Therapie- und Pflegebereich angesiedelt ist, stellt das sogenannte *Therapeutic Intervention Scoring System* dar. Dieses Score System, welches von CULLEN und seinen Mitarbeitern im Jahre 1974 das erste Mal vorgestellt wurde, ist einige Jahre später von KEENE et al. (1983) als Update erschienen. Das erste *Therapeutic Intervention Scoring System*, welches 76 Einzelpunkte zur Bewertung der therapeutischen Aktivitäten am Patienten enthielt, wurde von dem heute in der Intensivmedizin angewandtem TISS-28 abgelöst, einem System, welches mit 28

Maßnahmenkomplexen (mit Punktwerten von jeweils 1-8) versehen ist. [MIRANDA et al., 1996]

2.5 Postaggressionsstoffwechsel nach traumatologischen Ereignissen

Die ersten Erkenntnisse, welche zum Thema Postaggressionsstoffwechsel publiziert wurden, sind im Jahre 1930 von HOFF et al. als das „Phänomen der vegetativen Gesamtumstellung“ erschienen. 20 Jahre darauf konnte dieser Begriff durch die Definition von MOORE, nämlich die Benennung als „Postaggressionssyndrom“ abgelöst werden und ist heutzutage unter dem gängigen Begriff des SIRS („Systemisches inflammatorisches Response System“) bekannt. [HACKL, 2009] Der Begriff Postaggressionsstoffwechsel beschreibt die pathophysiologischen Veränderungen im menschlichen Organismus, die nach traumatologischen Belastungen des menschlichen Körpers auftreten und welche weiters die Körperzusammensetzung zu einem nicht unwesentlichen Teil beeinflussen. Der Postaggressionsstoffwechsel wird als eine Art Körperantwort auf eine äußerliche Einwirkung (zum Beispiel einem Trauma) verstanden, um das Überleben des Menschen zu sichern. Der Metabolismus versucht in dieser Situation schnellst möglich körpereigene Ressourcen und Energie zur Verfügung zu stellen, wobei es unweigerlich zum Abbau von Körpersubstanz kommt. [HARTIG et al., 2004] Bereits im Jahre 1945 wurde von CUTHBERTSON herausgefunden, dass schwere Verletzungen des menschlichen Körpers bedingt durch ein Trauma, einhergehen mit einem Hypermetabolismus d.h. einer verstärkt ausgeprägten Lipolyse, Proteolyse und erhöhten Wassereinlagerungen im Extrazellulärraum. (siehe Abb. 4)

Abbildung 4: Substratfluss und Hauptmerkmale des Postaggressionsstoffwechsels [JAUCH, 1997]



2.5.1 Traumabedingtes “Systemic Inflammatory Response Syndrome” (SIRS)

In den 40er bzw. 60er Jahren wurde von CUTHBERTSON und MOORE die metabolische Adaption an eine akut auftretende Schädigung des menschlichen Organismus beschrieben, als eine physiologische Reaktion, welche in mehreren Stadien abläuft. Die erste Phase, welche auch Ebbphase genannt wird, kennzeichnet sich durch einen Stoffwechsel, welcher in reduziertem Ausmaß verläuft. Auf diese Phase folgend tritt die sogenannte katabole Flowphase in Kraft. Prägnant für diese Phase ist die erhöhte Bereitstellung des Körpers von Akute-Phase-Proteinen und weiters der vermehrte Abbau von Gewebe, welches durch ein Trauma (z.B) zerstört wurde. Die letzte Phase ist definiert als die sogenannte anabole Flowphase, in der es Ziel ist, durch exogene Substratzufuhr, die durch Abbauvorgänge verlorengegangenen Ressourcen des menschlichen Körpers wieder zu ersetzen. [KREYMANN et al., 2007] Ein „Systemic Inflammatory Response Syndrome“, welches unmittelbar nach einem Trauma auftritt, wird auch als nicht-infektiöses SIRS verstanden. Vor allem durch das Auftreten eines Schocks im Zuge eines traumatologischen Ereignisses kommt es zu „akut-systemischen entzündlichen

Reaktionen“ in den verschiedenen Organen wie der Leber, der Lunge, dem Darm und dem Herz. Diese treten innerhalb von wenigen Stunden auf und äußern sich in morphologischen Schäden. Ausgelöst durch Mechanismen wie einer Ischämie, Reperfusion oder einer Hypoxie können Endothelzellen von lebenswichtigen Organen wie der Leber oder der Lunge sowie desweiteren organspezifische Zellen (Enterozyten, Hepatozyten oder die Kupferzellen) betroffen sein. Falls es zu Schäden an den Endothelzellen kommt, kann sich ein perivaskuläres und in weiterer Folge ein interstitielles Ödem entwickeln. Bei Schäden, welche an organspezifischen Zellen auftreten, können sich lokale oder diffuse Nekrosen bilden. Bezugnehmend auf die Entwicklung von interstitiellen Ödemen kann gesagt werden, dass solche Einlagerungen durch die Bioimpedanzanalyse vor allem mit einer Verlagerung von Flüssigkeit in den Extrazellulärraum erkennbar sind. Der Übergang von einem nicht infektiösen SIRS in ein infektiöses Stadium kann durch eine Translozierung von sowohl Endotoxinen als auch Bakterien aus dem Darmtrakt entstehen. Genau ab diesem Zeitpunkt treten entzündliche Mediatoren, welche zusammengefasst als Zytokine bezeichnet werden, in Kraft. [SCHLAG et al., 1994] Speziell bei der Auslösung von katabolen Stoffwechsellagen durch einen traumabedingten Stressstoffwechsel (Postaggressionsstoffwechsel), spielen Zytokine eine nicht unbedeutende Rolle.

2.5.1.1 Katabolie

Unter dem Begriff einer Katabolie wird ein multifaktorielles Ereignis verstanden, bei dem es zu einem Ungleichgewicht zwischen der Proteinsyntheserate und der Proteolyserate kommt. Eine Katabolie kann neben Mechanismen wie z.B. einer Immobilisation des Patienten, auch durch die Hormone Insulin, Cortisol, Adrenalin und Noradrenalin sowie der Glukokortikoide und Glukagon ausgelöst werden. [RITTLER et al., 2007] Laut JAUCH, 1997 führt das Noradrenalin durch eine Aktivierung von der hormonsensitiven Lipase zu einer verstärkten Lipolyse. Während durch Glukagon und Cortisol vor allem die Rate der Proteolyse gefördert wird, wird die Glukoneogenese durch Glukagon und Katecholamine stimuliert. Aufgrund von inflammatorischen Prozessen kann aber auch eine

Zytokinfreisetzung ausgelöst werden. Zytokinmedierte katabole Prozesse sind vor allem bei traumatologischen Patienten auf eine akut-traumatische Gewebszerstörung zurückzuführen. [RITTLER et al., 2007] Zu den Zytokinen, welche für solch katabole Vorgänge mitverantwortlich sind, zählt man das Interleukin-1, Interleukin-6, Tumornekrosefaktor- α (TNF- α) und das Interferon.

2.5.1.1.1 Laborparameter: Gesamteiweiß, Serumalbumin, C-reaktives Protein

Um katabolen Prozessen, ausgelöst durch posttraumatische Stresssituationen, präventiv entgegenzuwirken, bedient man sich unterschiedlichster katabolierrelevanter Laborparameter. Diese können als probate Indikatoren zur Interpretation des Ernährungszustandes eingesetzt werden und dienen somit der Früherkennung einer auftretenden Katabolie. Parameter wie das Gesamteiweiß, Albumin und das C-reaktive Protein werden des Öfteren als Indikatoren der Katabolie- und der Inflammationsdiagnostik verwendet.

Gesamteiweiß: Die Bestimmung des Gesamtproteins im Serum dient vor allem als Anhaltspunkt um Informationen bezüglich der Veränderungen des Eiweißstoffwechsels zu gewinnen. Erniedrigte Werte außerhalb des Referenzbereiches deuten meist auf eine Überwässerung des Extrazellulärspaces hin. Dies passiert aufgrund einer posttraumatisch intensiv durchgeführten Infusionstherapie, oder einer Eiweißmangelernährung. Als Marker für die Interpretation des Ernährungszustandes kann die Gesamteiweiß-Serumkonzentration jedoch nicht angesehen werden. [WILHELM, 2011]

Serumalbumin: Bei Albumin handelt es sich um ein Protein, welches neben seiner Funktion als Transport-Vehikel (freie Fettsäuren, Aminosäuren, diverse Hormone und Bilirubin) auch dafür verantwortlich ist, den kolloidosmotischen Druck (verantwortlich für die Flüssigkeitsverteilung in- und außerhalb der Zellen) aufrecht zu erhalten. Bei der Abschätzung von katabolen Vorgängen wird Albumin bei Verdacht eines Proteinmangels oder der verstärkten Ansammlung von Wasser im Gewebe zur Abklärung von eventuellen Ödemen und weiters bei akuten Entzündungsreaktionen (um nur einige zu nennen) im Serum analysiert. Es handelt sich somit um einen Parameter, welcher optimal

zur Interpretation von akut kranken Patienten bezüglich Proteinstatus und Ödembildung herangezogen werden kann. [BIESALSKI et al., 2010] Zusammenfassend kann man sagen, dass bei einer eintretenden Stress-, bzw. Akutphasenreaktion eine Erniedrigung des Serumspiegels von Albumin und Gesamteiweiß auftritt, hervorgerufen durch eine erniedrigte hepatische Synthese sowie weiters durch transkapilläre Verluste, welche simultan ansteigen.

C-reaktives Protein: Beim C-reaktiven Protein handelt es sich um ein Akutphasenprotein, welches im Zusammenhang mit inflammatorischen Prozessen auftritt. Bei akut auftretenden Gewebeschädigungen reagiert der menschliche Organismus mit einer „Akutphasenantwort“. Dies äußert sich vor allem durch einen Anstieg der Konzentration diverser Akutphasenproteine im Serum wie zum Beispiel des C-reaktiven Proteins. Bei Einflüssen wie einem Trauma können die CRP-Werte um das 100fache (in mg/l Angabe) ihrer Ausgangswerte erhöht sein. Gebildet in der Leber, wird dessen Synthese vor allem durch das Interleukin 6 geleitet. [MUELLER, 2007]

2.5.2 Veränderungen der Körperzusammensetzung im Postaggressionsstoffwechsel

2.5.2.1 SIRS bedingte Veränderung im Eiweißstoffwechsel

Obwohl die Dimension des Proteinaufbaus und -abbaus in sehr großem Ausmaß vom Schweregrad des erlittenen Traumas abhängt, ist der Eiweißmetabolismus im Postaggressionsstoffwechsel immer geprägt von einer Verminderung des Gesamtkörpereiwweißbestandes und somit einer negativen Eiweißbilanz (negative Stickstoffbilanz). [HARTIG et al. 2004] In der Arbeitsgruppe von MUSCARITOLI et al. konnte im Jahre 2006 beobachtet werden, dass eine zytokinmedierte Katabolie vor allem mit einer verstärkten Stimulation einer Proteolyse in der Skelettmuskulatur einhergeht. Vor allem in den ersten 5 Tagen nach einem erlittenen Trauma ist in punkto Körperproteinverlust insbesondere die Skelettmuskulatur betroffen, denn ungefähr 70% des Verlustes des Gesamtkörperproteins stammt aus der

Muskulatur. Durch den vermehrten Abbau der Skelettmuskulatur liefert diese in beträchtlichem Ausmaß Aminosäuren für die verstärkt ablaufende Glukoneogenese (v.a. Alanin), für das Funktionieren der Darmmukosa (Glutamin), für Wundheilungsvorgänge und zur Synthese von „Akute-Phase Proteinen“ zu denen auch das C-reaktive Protein (kurz CRP) gezählt wird. Hinsichtlich der Tatsache, dass es bei Intensivpatienten zu enormen täglichen Eiweißverlusten von über 150 g kommen kann, können negative Stickstoff-Bilanzen trotz sofort implementierter Ernährungstherapie sehr oft nicht ausreichend kompensiert werden. [PLANK und HILL, 2000] HACKL schreibt in seiner Veröffentlichung *„Leitfaden künstlicher Ernährung“* im Jahre 1999, dass der durch eine Akutphasen-Reaktion entstehende Katabolismus durch Ernährung zwar minimiert, aber nicht ausreichend korrigiert werden kann. Die beiden Aminosäuren Alanin und Glutamin sind vor allem für den N-Transport aus der Skelettmuskulatur zu den viszerale Organen zuständig. Aufgrund der Tatsache, dass der Skelettmuskel in hohem Ausmaß (>zwei Drittel) für die postoperative Turnoverrate von Alanin und Glutamin verantwortlich ist, kommt es im Zuge dieses Proteinturnovers zu einer Verringerung des Gehaltes von Glutamin im intrazellulären Bereich. Einhergehend mit der genannten Verringerung des intrazellulären Glutamin Gehaltes und der folglich eintretenden Verringerung der Proteinmenge, kann eine Erhöhung des extrazellulären Wassers verzeichnet werden. [HARTIG et al., 2004]

2.5.2.2 SIRS bedingte Veränderung im Kohlenhydratstoffwechsel

Die Glukose wird als primäre Energiequelle, zum Einen für das Gehirn und in weiterer Folge für glukose-abhängige Gewebe wie die Erythrozyten, für immunkompetente Zellen, dem Wundgewebe und den Tubuluszellen der Niere, als unerlässlich angesehen. Dadurch die Glykogenvorräte in der Leber und der Muskulatur ohne exogene Zufuhr von Glukose innerhalb von 24 Stunden verbraucht sind, kommt der Glukoneogenese, vor allem im Postaggressionsstoffwechsel, eine wichtige Bedeutung zu. [THEWS et al., 1999] Das „Systemic Inflammatory Response Syndrome“ führt zu prägnanten Veränderungen im Kohlenhydratstoffwechsel. Eine Steigerung der

Bereitstellung von Glukose wird im Postaggressionsstoffwechsel vor allem durch eine verstärkte Aktivierung von Hormonen wie den Katecholaminen, den Glukokortikoiden und Glukagon hervorgerufen. Zytokine, welche in Folge des SIRS in der katabolen Phase (auch Flutphase genannt) aktiviert werden, können als Faktoren kontrainsulärer Art die Wirksamkeit von Insulin behindern. Durch diesen verringerten Glukoseumsatz, im speziellen in der Skelettmuskulatur, kann in diesem Kompartiment von einer diabetogenen Stoffwechsellage gesprochen werden, welche einem „Diabetes mellitus Typ-II“ entspricht. [HARTIG et al., 2004] Neben einer erhöhten Glykogenolyse aus Leber und Muskelglykogen, findet eine gesteigerte Glukoneogenese aus Alanin (glukoplastische Aminosäure), Lactat und Glycerol statt, welche ungefähr 50% des Energieverbrauchs in der Leber beansprucht. Weiters findet eine Glukoseoxidation im verstärkten Ausmaße statt. Ein nicht außer Acht zu lassender Aspekt ist das Auftreten eines sogenannten Postrezeptordefektes, was bedeutet, dass trotz erhöhter Insulinkonzentration eine verminderte insulinabhängige Glukoseverwertung in der Skelettmuskulatur stattfindet. Darüber hinaus zeigt sich ein gesteigertes Glukoserecycling, welches durch Glukokortikoide (die im Zuge einer systemischen Inflammation vermehrt aktiviert werden) reguliert wird. [JAUCH, 1997] Als Conclusio einer gesteigerten Glukoseproduktion und einer einhergehenden eher verminderten peripheren Verwertung der Glukose, kann eine Hyperglykämie entstehen. Die Bereitschaft des Metabolismus in Folge eines traumatologischen Ereignisses vermehrt Glukose zu produzieren um die glukoseabhängigen Gewebe damit zu versorgen, wurde bereits im Jahre 1877 von BERNARD beschrieben.

2.5.2.3 SIRS bedingte Veränderung im Fettstoffwechsel

Ausgelöst durch das Postaggressionssyndrom kommt es im Fettstoffwechsel vor allem zu einer verstärkten Leistung der Lipolyse, einhergehend mit einer Erhöhung der Plasmakonzentration durch die vermehrte Produktion von freien Fettsäuren. Diese dienen als ein alternativ anwendbares Substrat für Gewebe wie der Leber und der Muskulatur, welche als „nicht-obligat glukoseabhängige Gewebe“ bezeichnet werden. [SOBOTKA et al., 2000]

2.5.2.4 SIRS bedingte Veränderung im Wasserhaushalt

Durch die vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen, bedingt durch traumatische Einflüsse, kommt es zu einer Aktivierung des „Renin-Angiotensin-Aldosteron-Sytems“, welches in weiterer Folge über eine Freisetzung von Aldosteron über die Nebennierenrinde, zu einer verstärkten Retention von Natrium und Wasser führt. Es kommt zu einer Erhöhung der extrazellulären Konzentration von Natrium (unter der Bedingung, dass ausreichend Flüssigkeit aufgenommen wird) und in weiterer Folge zu einer Zunahme an extrazellulären Volumen, ersichtlich durch eine Ausweitung des Extrazellulärtraumes (es handelt sich dabei genau genommen um eine Expansion der interstitiellen Flüssigkeit). So wird vor allem in den ersten Tagen nach einem erlittenen Trauma der starke Verlust an Körpermasse (Muskelmasse) durch eine positive Wasser und Natriumbilanz (erhöhte Extrazellulärmasse) verschleiert. [THEWS et al., 1999] Mit dem Stressstoffwechsel bedingten, erhöhten Abbau von Körpersubstanz, geht eine endogene Wasseransammlung des Extrazellulärtraumes einher. Dies geschieht zum Einen aufgrund von Freisetzung intrazellulären Wassers durch Abbau von Proteinbeständen sowie weiters durch Oxidation von Makronährstoffen. [HILL et al., 1993] In der Intensivmedizin spielt die Prävention der Expansion der extrazellulären Masse bei schwer verletzten Patienten eine wichtige Rolle. Das Problem, welches in diesem Zusammenhang des Öfteren auftritt, ist der oftmals erschwerte frühzeitige Nachweis einer Expansion der extrazellulären Masse. Bis zu einer Manifestation von Ödemen hat die extrazelluläre Masse meist schon mehr als 10% vom Körpergewicht zugenommen. [MUELLER, 2007] Laut PLANK und HILL, 2000 kann sich diese beschriebene Ausweitung des Extrazellulärtraumes mit einer Stabilisierung der Hämodynamik wieder in eine genormte Form zurückverlagern. PLANK und seine Arbeitsgruppe zeigten, dass eine Stabilisierung des Gesamtkörperwassers erst nach ungefähr 21 Tagen nach dem Trauma möglich war, wobei aber auffallend ist, dass die fettfreie Masse noch über eine längere Zeitspanne hinweg eine Hyperhydration aufwies. Um den Begriff der Hyperhydration, nämlich im speziellen die posttraumatische Hyperhydration etwas ausgedehnter zu betrachten, wird im Folgenden auf

diese Störung des Hydrationsstatus genauer eingegangen. Die Hyperhydration wird, abhängig von der Art und Schwere eines erlittenen Traumas, in die hypotone-, isotone- und hypertone Hyperhydration eingeteilt. [HARTIG et al., 2004] Von einer sogenannten hypotonen Hyperhydration spricht man im Falle eines übermäßig auftretenden Wasserüberschusses, vor allem in den Zellen mit abfallender Plasmaosmolalität (Abfall von Kalium intrazellulär). [WILHELM, 2011] Die Ursache für solch einen Hydrationszustand kann das Vorliegen einer Vielzahl von Ödemen sein, wird aber in erster Linie auf eine exzessive Flüssigkeitszufuhr durch z.B. die Gabe von salzfreien Kohlenhydratlösungen (als Infusionslösung) im posttraumatischen Prozess zurückgeführt. Damit einhergehend kann es durch Ausbildung diverser Ödeme in den Geweben sowie durch die verstärkte Zunahme der Wirkung von ADH und Aldosteron im Postaggressionsstoffwechsel (welche eine vermehrte Natrium- und Wasserretention auslösen) zu einer erhöhten Wassereinlagerung und somit zum Anstieg des Gesamtkörpergewichtes kommen. Bei einem posttraumatischen Stoffwechsel können energiedefizitäre Zustände zu einer eingeschränkten Funktion der Natrium/Kalium ATP-ase und in Folge zu einer intrazellulären Anhäufung von Natrium führen. Durch Gabe von elektrolytfreien, hypotonen Infusionslösungen wird dies verstärkt. Der Unterschied zur hypotonen Hyperhydration besteht bei der isotonen darin, dass es zwar auch zu einer überschüssigen Ansammlung von Wasser kommt aber bei vorliegender isotoner Plasmaosmolalität. Diese Form des Hydrationszustandes kann durch eine übermäßig hohe Zufuhr an isotonen Salzlösungen ausgelöst werden, welche posttraumatisch als Infusionslösung verabreicht werden. Bei Messungen der Körperzusammensetzung kann bei vorliegender isotoner Hyperhydration eine nicht unbedeutende Vergrößerung des Extrazellulär-raumes verzeichnet werden, im speziellen des interstitiellen Anteils des Extrazellulär-raumes. Die Tatsache, dass interstitielle Ödeme, egal ob im Wundbereich oder in anderen Organen vorliegend, unweigerlich zu einer verzögerten Rekonvaleszenz und desweiteren zu postoperativen Komplikationen führen können, wurde von ALLISON et al. im Jahre 2000 beschrieben. Unter dem Auftreten einer hypertonen Hyperhydration versteht

man grundsätzlich eine Anhäufung von Wasser im Extrazellulärraum mit einer erhöhten Plasmaosmolalität und einer einhergehenden zellulären Entwässerung der Körperzellen. Die wohl wahrscheinlichste Option für das Auftreten dieser Hydrationsform ist eine übermäßig hohe Zufuhr von Natrium in Form von hypertonen oder isotonen Salzlösungen (Infusionen) nach einem erlittenen Trauma sowie die zusätzliche Einwirkung der Hormone ADH und Aldosteron auf den Metabolismus (ausgelöst durch den Postaggressionsstoffwechsel). [SOBOTKA et al., 2000]

2.5.2.5 SIRS bedingte Veränderungen im Energiestoffwechsel

In der Arbeitsgruppe rund um BEHRENDT, 1987 konnte erstmals postuliert werden, dass sich der mittlere Energieverbrauch bei Personen, welche ein schweres Trauma erlitten haben, auf 2310 ± 250 kcal beläuft. Durch den Abbau von Glykogendepots, der verstärkt stattfindenden Proteolyse und Fettverbrennung erfolgt die Energiebereitstellung. Bezüglich des Einflusses des „Systemic Inflammatory Response Syndrome“ auf das Körpergewicht konnte von HILL et al. im Jahre 1993 proklamiert werden, dass die Normalisierung des durch den starken Eiweiß- und Fettabbaus in Mitleidenschaft gezogenen Körpergewichts, erst nach 3-6 Monaten nach erlittenem Trauma stattfindet.

3 PATIENTEN UND METHODEN

3.1 Studiendesign

In einem Studienzeitraum von insgesamt 2 Jahren (2011-2012) wurde im Unfallkrankenhaus Meidling, Kundratstraße 37, 1120 Wien am Institut für Anästhesiologie und Intensivmedizin eine prospektive Pilotstudie mit der Betitelung „Monitoring Katabolie-relevanter Parameter bei traumatologischen Intensivpatienten“ unter der Studienleitung von Frau OA.Dr. Inge Gerstorfer durchgeführt. Die gegenständliche Studie wird, aus dem formalen Blickwinkel betrachtet, als eine akademisch prospektive Studie geführt. Darüber hinaus wird sie als nicht-interventionell eingestuft, da in den beiden Bereichen der Diagnose als auch der Therapie keinerlei Abweichungen von der standardisierten klinischen Routine stattfanden. Im Zuge der Durchführung wurde eine Kohorte, zusammengesetzt aus traumatologischen Intensivpatienten im UKH Meidling, bezüglich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Katabolie bei schwerem Trauma, über einen definierten Zeitraum mittels diverser Untersuchungen beobachtet.

3.1.1 Rechtliche Aspekte

Die Daten der einzelnen Patienten, welche durch etwaige Untersuchungsmethoden erhoben wurden, sind lediglich in pseudoanonymisierter Form weiterverarbeitet und statistischen Auswertungen unterzogen worden. Es wurde festgelegt, die Patienten nach der Wiedererlangung ihrer Geschäftsfähigkeit zu ersuchen die aufgesetzte Einwilligungserklärung zu unterzeichnen und ihre in pseudoanonymisierter Form vorliegenden Daten im Sinne der wissenschaftlichen Zweckmäßigkeit, bereitzustellen. Falls es die Situation erforderlich machte, wurden auch bestellte Sachwalter herangezogen um die Einwilligung zu erteilen. Im Falle einer Nichtzustimmung eines Patienten wurden die bereits erhobenen Daten unwiderruflich gelöscht und nicht in die statistischen Auswertungen mit einbezogen.

3.1.2 Ethische Aspekte

Die Durchführung des praktischen Teiles der Studie, welcher sich durch die Arbeit direkt am Patienten definiert, wurde erst begonnen nachdem ein positives Votum der jeweils zuständigen Ethikkommission vorlag. Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, gemäß der *Deklaration von Helsinki* (Deklaration des Weltärztebundes zu „*Ethischen Grundsätzen für die medizinische Forschung am Menschen*“) nach der aktuellen Revision aus dem Jahre 2008 in Seoul, Südkorea.

3.1.3 Untersuchungsablauf

Die Einteilung der Studie in drei divergente Untersuchungszeiträume, dient sowohl als Grundlage für die Auswertung der ermittelten Zielparameter als auch der Parameter, welche die Kohorte charakterisieren (inkludiert demographische Daten der Patienten wie Alter und Geschlecht) in der Statistik dieser Studie. Diese drei Untersuchungszeiträume werden mit der Bezeichnung U1/U2/U3 betitelt und folgendermaßen beschrieben:

U1= die erste Untersuchung nach dem Eintreffen des Patienten auf der Intensivstation (die erste BIA-Messung sollte innerhalb von 72 Stunden erfolgen)

U2= die zweite Untersuchung unmittelbar vor der Verlegung des Patienten von der Intensivstation auf die Normalstation des Krankenhauses

U3= die dritte Untersuchung unmittelbar vor der Entlassung von der Normalstation/Entlassung aus dem Krankenhaus

Für die Entlassung aus dem Intensivbereich bzw. aus der Normalstation wurden gewisse Kriterien festgelegt. Patienten durften von der Intensivstation nur unter der Annahme transferiert werden, dass keine Organunterstützung mehr erforderlich ist bzw. der Patient kardial und respiratorisch ohne CPAP Beatmung (*Continuous Positive Airway Pressure*) stabil ist. Weiters durfte der Patient keinerlei Schmerz- und Ernährungstherapie mehr unterliegen. Eine Entlassung aus der Allgemeinstation konnte bei Erfüllung folgender Kriterien

von statten gehen: a.) der Patient ist Kreislauf stabil, b.) eine unfallchirurgische Versorgung ist nicht mehr von Nöten.

3.2 Patientenkollektiv

In die folgende Studie, welche sich über einen Zeitraum von 2 Jahren erstreckte, wurde insgesamt eine Kohorte von 35 Personen mit traumatologischen Hintergrund mit einbezogen. Anlässlich der Tatsache, dass im Zuge der praktischen Ausführung der Bioimpedanz-Messungen zwei Masterarbeiten vergeben wurden, beinhaltet die Auswertung der hier vorgelegten Masterarbeit ein Patientenkollektiv von 19 Personen und wird als Follow-Up der Masterarbeit von Frau Bakk.rer.nat. Romana Piza mit dem Titel „Monitoring der Körperzusammensetzung von traumatologischen Intensivpatienten in Form einer prospektiven Pilotstudie“ geführt.

Um in die Studie aufgenommen zu werden, mussten die Patienten gewisse Kriterien erfüllen. Dazu zählte das Vorliegen eines Traumas bzw. Polytraumas, welches hauptsächlich durch den *Injury Severity Score* (ISS) definiert wurde. Weiters durften Patienten, welche das 16. Lebensjahr noch nicht erreicht hatten, nicht als Studienteilnehmer in die Studie aufgenommen werden. Die Diagnose eines Malignoms bzw. eine Nieren- und Herzinsuffizienz in der Anamnese wurde als weiteres Ausschlusskriterium festgelegt.

3.2.1 Drop-Out Kriterien

Die Kriterien, welche im Rahmen dieser Studie zu einem Drop-Out eines Studienteilnehmers führten, sind im Folgenden beschrieben: a.) der Patient wird vor der Verlegung auf eine Normalstation in ein anderes Krankenhaus transferiert, b.) es tritt ein Exitus vor der Entlassung ein, c.) der Patient (Sachwalter) verweigert die Freigabe der Untersuchungsdaten für wissenschaftliche Zwecke d.) die Nichtverfügbarkeit von Bioimpedanz Auswertungen bzw. die unmögliche Durchführung der Messung selbst und e.) die unausführbare Ermittlung der Laborparameter zu den drei

Untersuchungszeiträumen aufgrund von überaus schweren Verletzungen des Patienten.

3.3 Datenerhebung

Die Untersuchungsmethoden, welche direkt am Patienten durchgeführt wurden mit dem Ziel der Datenerhebung für statistische Auswertungen, werden im Folgenden aufgelistet und beschrieben:

- Bioimpedanz-Messung: auf diese Auswertung wird in dieser vorliegenden Arbeit besonders viel Wert gelegt, da sie den Hauptteil der praktischen Ausführung der Studie repräsentiert
- Routinelabor
- Ernährungsprotokolle
- Körpergewicht und Körpergröße

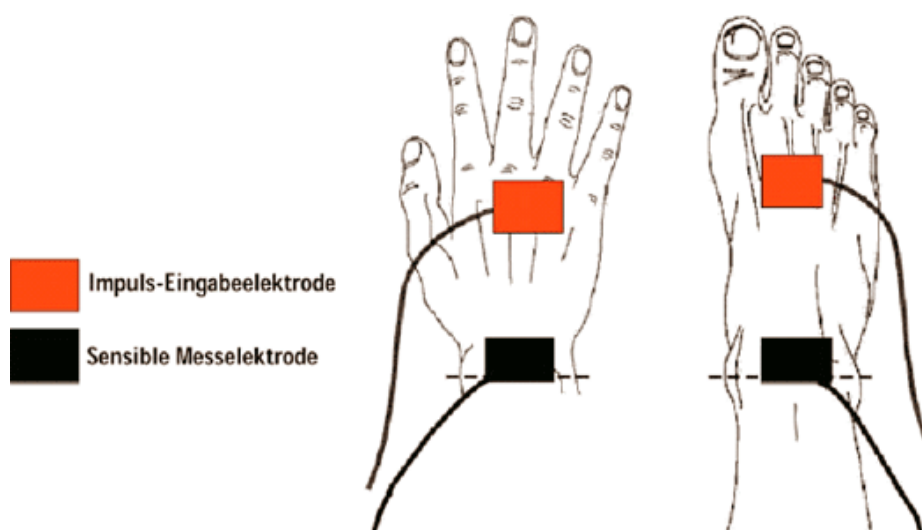
3.3.1 Bioimpedanz-Messung

Die Bioimpedanz-Messungen wurden 2x pro Woche, jeweils Montags und Donnerstags sowohl auf der Intensivstation als auch auf der Normalstation durchgeführt. Der Zeitpunkt der Messung belief sich auf die frühen Morgenstunden (die Messungen wurden ungefähr ab 6:30h begonnen, dies war jedoch abhängig von der jeweiligen Patientenanzahl). Da die Nüchternheit des Patienten eines der Hauptkriterien darstellt um valide Messergebnisse zu erhalten, wurde dieser Zeitpunkt zur Durchführung der Messungen gewählt. Somit war die gewohnte Bereitstellung des Frühstücks auf den Normalstationen um 7:30 möglich und den Studienteilnehmern wurde keine zusätzliche Belastung auferlegt. Zu Beginn einer jeglichen Messung mussten gewisse Vorbereitungsmaßnahmen am Patienten ausgeführt werden. Anhand der Tatsache, dass das aktuelle Körpergewicht vor jeder Messung ermittelt werden musste, wurde die Körpergewichtsmessung auf der Normalstation mit einer geeichten Körperwaage vollzogen während hingegen auf der Intensivstation das Körpergewicht mittels einer Bettwaage eruiert wurde. Infolge schwerer

Verletzungen war es bei einigen Patienten während der Akutphase des Traumas nicht möglich Polster und Decken aus dem Krankenbett zu entfernen um das tatsächliche Gewicht an der Bettenwaage abzulesen. In diesen Fällen wurde unter Mithilfe von Pflege- und Krankenpersonal eine Gewichtsberechnung, mit dem zuletzt verfügbaren Gewicht als Grundlage und den erfassten Ein- und Ausfuhrbilanzen verschiedener Flüssigkeiten als Abgleich, arrangiert. Aussagekräftige Messergebnisse durch die Bioimpedanz-Messung können nur bei vollständiger, körperlicher Ruhe und unter der Voraussetzung einer horizontalen Rückenlage erfolgen. Es wurde bei allen Messungen darauf geachtet, diese Voraussetzungen einzuhalten. Die einzige Ausnahme hierbei bildeten Schädel-Hirn-Trauma Patienten, bei welchen es aufgrund eines erhöhten Hirndruckes des Öfteren nicht möglich war, den Kopfteil des Bettes in eine horizontale Ebene zu bringen. Nach Rücksprache mit einer, für Fachfragen bezüglich der BIA-Messung, zuständigen Person (der Firma AENGUS GmbH), stelle diese Gegebenheit allerdings kein Problem bei der Messung und in weiterer Folge bei der Reliabilität der Messergebnisse dar. Die Patienten auf der Normalstation des Krankenhauses wurden gebeten, vor jeder BIA-Messung zumindest 5-10min im Liegen zu verweilen damit eine ausreichend gleichmäßige Verteilung der Körperflüssigkeiten im Gesamtorganismus vorausgesetzt werden konnte. Obwohl im Intensivbereich oft schwierig umsetzbar, wurde darauf geachtet den Patienten dahingehend zu positionieren, dass ausgehend von einer horizontalen Lage des Körpers, die Beine in einem Winkel von 45° voneinander abgespreizt werden (zumindest soweit, dass die Oberschenkel Innenflächen sich nicht berühren). Die beiden Hände sollten in einem Winkel von ungefähr 30° neben dem Rumpf leicht abgewinkelt platziert werden, damit keinerlei Kontakt zum Rumpf gegeben war. Um ein fachgerechtes Anbringen der Elektroden an den vier Extremitäten zu gewährleisten, wurden die Stellen, die für die Elektroden Platzierung vorgesehen sind, mit Wundbenzin gereinigt. Die Sinnhaftigkeit dieser Durchführung liegt an der Entfernung fetthaltiger Rückstände vor allem durch die häufige Anwendung von feuchtigkeitsspendenden und fetthaltigen Körperlotions im Pflegebereich. Diese vermindern die Haftung der

Klebeelektroden und erschweren eine ordnungsgemäße BIA-Messung. Vor allem im Intensivbereich mussten für jede Bioimpedanz-Messung, die an den Patienten angebrachten Verbände (z. B. für arterielle Zugänge) oder pneumatische Manschetten (Thrombose Prophylaxe) entfernt werden, damit eine ordnungsgemäße Platzierung der Elektroden möglich war. Anschließend wurden je 2 (insgesamt 8) Klebeelektroden ipsilateral an den Händen und Füßen angebracht. Falls es die vorherrschende Situation erlaubte, wurden Segmental-Messungen durchgeführt, jedoch musste bei gewissen Ausnahmefällen wie dem Vorliegen eines Gipsverbandes oder eines Fixateurs an den Händen oder den Füßen des Patienten auf eine 1-Kanal Messung ausgewichen werden.

Abbildung 5: Elektrodenplatzierung [MEDICAL HEALTHCARE GMBH, 2012]



Zur besseren Veranschaulichung der eben beschriebenen Platzierung der beiden Elektroden an Fuß und Hand dient die Darstellung in Abb.6. Die schwarzen Elektroden (proximale Elektroden) müssen am Handgelenk direkt auf Höhe des *Processus styloideus ulnae*, an der Stelle der tastbaren Vertiefung des Gelenkspaltes, angebracht werden (sie dürfen auf keinen Fall auf den Gelenkknöchel geklebt werden). Die proximale Elektrode am Fuß wird über der sichtbaren Vertiefung des Sprunggelenkes, an der Stelle des sogenannten *lateralen und medialen Malleolus*, angebracht. Bei der praktischen

Durchführung kann man sich auf der Mitte des Hand- bzw. Fußgelenksknochens eine Hilfslinie bilden, welche beim Aufbringen der Elektrode den unteren Rand (zur Körperseite verlaufend) bilden soll (siehe Markierung in Abbildung 6). Der Elektrodenplatzierung (im speziellen der schwarzen, proximalen Elektrode) gebührt bei der Durchführung von Bioimpedanz-Messungen große Achtsamkeit, denn eine fehlerhaft positionierte, proximale Elektrode bringt Schwankungen der Resistanz-Werte (Einheit: R_z) von 2-3 Ohm mit sich. Die Platzierung der roten, distalen Elektrode erfolgt ca. 5cm von den proximalen Elektroden in Richtung Finger- und Zehenspitzen. Der Abstand der beiden Elektroden zueinander an allen 4 Extremitäten muss nicht exakt gleich sein, jedoch sollte darauf geachtet werden, dass eine Minstdistanz von 5cm zwischen den beiden Elektroden, eingehalten wird. Bei insgesamt 2 Studienteilnehmern musste aufgrund von Verletzungen der Haut an beiden Handrücken, die distale Elektrode an der Handinnenfläche platziert werden. Diese Möglichkeit wird oft bei Kindern eingesetzt, da bei eher kleineren Handaußenflächen der Abstand von 5cm zwischen den beiden Elektroden nicht eingehalten werden kann. Nach sachgemäßer Anbringung der Messelektroden wurden die Messkabel angeschlossen. Unter der Annahme einer ruhigen Liegeposition des Patienten, konnte das Messgerät durch Knopfdruck gestartet werden, auf dessen Aktivierung eine aufeinander folgende automatische Messung aller Segmente erfolgte. Die Messung selbst, welche sich durch eine Nicht-Invasivität auszeichnet, benötigt lediglich eine Zeitspanne von 20-30 Sekunden um alle Segmente nacheinander zu messen. Die Messdaten können anschließend automatisch an das Computersystem weitergeleitet werden.

3.3.1.1 Fehlerquellen bei der BIA-Messung

Bei der Anwendbarkeit der sogenannten Bioimpedanzanalyse zur Ermittlung der Körperzusammensetzung, werden in der Literatur unzählige Fehlerquellen bezüglich deren Durchführbarkeit beschrieben. Im folgenden Kapitel wird aber lediglich auf die Fehlerquellen eingegangen, die für diese vorgelegte Studie relevant sind:

Elektrodenplatzierung: Ein Versatz der proximalen Elektrode um ungefähr 2-3 mm kann die Resistanz-Werte um 2-3 Ohm ändern. Im Falle des gleichzeitigen Eintretens eines Versatzes der proximalen Elektrode an allen 4 Extremitäten, addiert sich der Fehler und man erreicht einen Resistanz-Wert von ca. 10 Ohm Messdifferenz.

Messvoraussetzungen: Neben der korrekten Positionierung der Messelektroden, spielen die Materialien aus denen sich die Unterlage des Krankenbettes zusammengesetzt, eine nicht unwesentliche Rolle. Falls es sich um eine nicht elektrisch isolierte Unterlage handelt, wird von einer Verfälschung der Ergebnisse ausgegangen und eine Validität dieser kann somit nicht mehr geboten werden. Im Zuge dieser Studie konnte die Unterlage der Krankenbetten als geeignet für durchführbare Messungen eingestuft werden. Die Krankenhausbetten bestehen meist aus einem Metallrahmen, auf dem die Matratze positioniert wird. Somit sollte der Kontakt des Patienten mit diesem vermieden werden, da die daraus resultierende Leitfähigkeit ebenso die Ergebnisse verfälschen würde.

Fieber: Grundsätzlich wird vom Hersteller angegeben, dass bei Vorliegen von Fieber von einer Senkung der Impedanz ausgegangen werden kann. Dementsprechend kann ein Temperaturanstieg um 1°C zu einer veränderten Leitfähigkeit des Wechselstroms führen, welcher sich in einem Anstieg des Gesamtkörperwassers von 0,4 Liter widerspiegelt. Jedoch finden sich einige Studien, welche diese Tatsache widerlegen und einer Messung im klinischen Bereich trotz vorherrschenden Fiebers vollste Zustimmung entgegenbringen.

Bestimmung des Körpergewichtes/Körpergröße: Die Körpergröße sollte auf Zentimeter genau gemessen werden, denn jeder Messfehler von $\pm 2,5$ cm in der Körpergröße, bedeutet eine Abweichung der Messergebnisse des Gesamtkörperwassers von ungefähr 1 Liter. Auch bei der ungenauen Ermittlung des Körpergewichtes treten Schwankungen des berechneten Gesamtkörperwassers auf. So liefert eine ungenaue Bewertung des Körpergewichtes von ± 1 kg eine Gesamtkörperwasser Abweichung von ungefähr 0,2 Liter.

Aufnahme von Nahrung und Flüssigkeit vor der Messung: Eine Zeitspanne von 2-3 Stunden zwischen der letzten Mahlzeit und einer BIA-Messung ist als sinnvoll zu erachten, da ansonsten die Messparameter in einer Erhöhung der Fettmasse resultieren. Dies kann durch die Tatsache erklärt werden, dass der Mageninhalt unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme zwar nicht mit gemessen wird, aber sehr wohl bei der Körpergewichtsanalyse vor jeder Messung mit gewogen wird („Berechnung: Fettmasse= Körpergewicht-fettfreier Masse“). Bezüglich des Trinkens sollte eine Zeitspanne von ca. 1 Stunde zwischen der letzten Flüssigkeitsaufnahme und der darauf folgenden Messung eingehalten werden. Überdies ist darauf zu achten, die Messungen nicht mit gefüllter Harnblase auszuführen, da dies zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt. Infolge der Erledigung der BIA-Messungen am Morgen, war im Rahmen dieser Studie ein sogenannter „overnight fast - (engl. = nächtliches Fasten)“ gewährleistet, um optimale Messbedingungen zu schaffen.

Messung bei Implantaten, künstlichen Gelenken etc: Gesetzt den Fall, dass bei Patienten ein Fixateur, ein künstliches Gelenk, Schrauben und Platten sowie Implantate vorlagen, konnte eine Bioimpedanz-Messung nur auf der „Nicht-Metall-Seite“ durchgeführt werden.

3.3.1.2 Bioimpedanzanalyse Gerät und Elektroden

Das BIA-Messgerät „BIACORPUS RX 4000“ stammt von der Firma MEDICAL HealthCare GmbH in Deutschland und wurde im Zuge dieser Studie für Bioimpedanz-Messungen eingesetzt. Der Vertrieb und die jeweilige Einschulung auf das Gerät in Österreich werden von der Firma AENGUS Ernährungskonzepte GmbH, Graz ausgerichtet. Es handelt sich bei diesem Medizinprodukt um ein volldigitales, phasensensitives 4-Kanal Impedanz Messgerät, welches auf Grundlagen modernster Gerätetechnik ausgestattet ist. Auf den jeweils 4 Kanälen misst das Gerät bei 50 kHz Wechselstromfrequenz den resistiven Widerstand (Einheit: R_z) und den kapazitiven Widerstand (Einheit: X_c), wobei beide in der Ausgabeeinheit Ohm angegeben werden. Weiters wird vom Gerät die Messung des Phasenwinkels (Einheit: Grad) mit hoher Präzision bewerkstelligt. Aufgrund der Ausstattung mit vier

Kabeleingängen, welche durch unterschiedliche Färbung gekennzeichnet sind, wird das gleichzeitige Messen vom ganzen Körper, sowohl der Arme und der Beine als auch des Rumpfes gewährleistet (segmentale Messung). Das Gerät ist transportabel, sodass alle Messungen am Krankenbett durchführbar sind. [MEDICAL HEALTHCARE GMBH, 2012] Das Bioimpedanzgerät „BIACORPUS RX 4000“ verfügt über eine enorm hohe Messgenauigkeit. Infolge der digitalen Messtechnik können zwischen den unterschiedlichen „BIACORPUS RX 4000“ Messgeräten nur sehr geringe Abweichungen der Messungen von weniger als einem Ohm verzeichnet werden. Die Gerätschaft „BIACORPUS RX 4000“ wird überdies in die Medizinproduktklasse IIa der EG-Richtlinie 93/42/EWG von Medizinprodukten eingeteilt. Hinsichtlich der Elektroden, welche zur Ausführung einer BIA-Messung eingesetzt werden, handelt es sich um Einweg-Hautelektroden. Dementsprechend sollten bereits verwendete Elektroden, nach dem Abziehen, nicht nochmal verwendet werden. Die selbsthaftenden Einweg-Elektroden für die bioelektrische Impedanzanalyse der Firma AENGUS, Ernährungskonzepte GmbH, Graz, entsprechen den EU-Normen EN980-1996, EN1441-1996, ISO10993-1; 1997. Es ist darauf zu achten, die neuwertigen Klebeelektroden nach Öffnung der äußeren Verpackung unbedingt in einem widerverschließbaren Beutel mit Zipp-Verschluss aufzubewahren, zumal nach Öffnung der Verpackung die Gelschicht, welche sich auf den Elektroden befindet, innerhalb weniger Tage austrocknen kann und somit die Messergebnisse deutlich verfälschen würde. Laut Angabe der Produktbeschreibung der Elektroden, sollten diese bei einer Raumtemperatur von min. 5°C und max. 40°C gelagert werden und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt sein.

Die folgende Abbildung stellt überdies die wichtigsten technischen Daten des Gerätes dar:

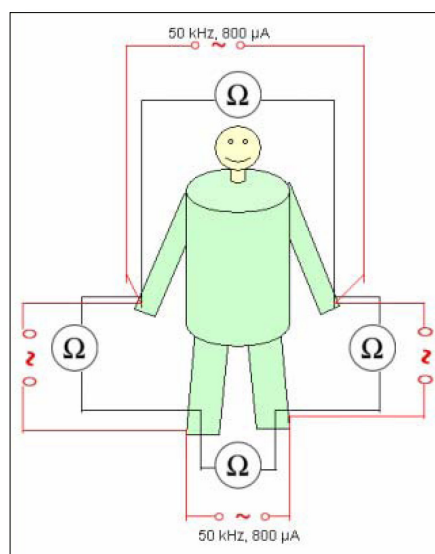
Abbildung 6: Technische Daten zum Gerät [modifiziert nach MEDICAL HEALTHCARE GMBH, 2012]

Ergebnisparameter BIACORPUS RX 4000 	Körperwiderstände: Resistanz (R_z), Reaktanz (X_c), Phasenwinkel (50kHz) bezogen auf die Körpersegmente: linke bzw. rechte Körperhälfte, Oberkörper (Arm zu Arm) und Unterkörper (Fuß-Fuß). Wahlweise auch nur einzelne Messbereiche. Körperfettmasse, Körperfettanteil, Fettfreie Masse, Körperzellmasse, Gesamtkörperwasser, Extrazellulärwasseranteil, Messwertdarstellung in Normalwert-Ellipsen.
Elektrodensystem	Tetrapolare 8, 6 bzw. 4 – Elektrodenmessung (nach Anzahl der Messbereiche)
Messfrequenz	50 kHz
Stromstärke	800 μ A
Stromversorgung	9V DC, 4 mal 1,5 V Ni-MH AA-Akkus
Schnittstellen	1 x USB, 1 x RS 232
Dimensionen	Länge 180 mm (incl. Griff 275 mm) / Breite 220 mm (incl. Griff 255 mm) Höhe 77 mm (incl. Fuß 90 mm)
Gewicht	1,5 kg
Dauer einer Messung	ca. 30 Sekunden (incl. Vorbereitung und Elektrodenanbringung ca. 5 Minuten)
Lagerbedingungen	5 - 40 ° C, < 80 % rel. Luftfeuchtigkeit
Altersgrenzen	3-99 Jahre

3.3.1.2.1 Vergleich der Segmentalen- mit der Einkanalmessung

Klassischerweise werden Bioimpedanz-Messungen mittels einer Einkanalmessung durchgeführt, d.h. es werden die unter Kapitel 2.2.2 beschriebenen Parameter nur von einer Körperhälfte ermittelt. Das Modell, welches als Grundlage zur Auswertung dieser Einkanalmessung verwendet wird, setzt ein Körperprofil in Form eines einzigen, gleichmäßigen und symmetrischen Zylinders voraus. Diese vereinfachte Darstellung des menschlichen Körpers wird bei einer segmentalen Messung (Messung an allen 4 Extremitäten) durch ein Modell ersetzt, welches eine Formation des Körpers, bestehend aus mehreren Zylindern, nach sich zieht. (siehe Abbildung 7)

Abbildung 7: Darstellung des 4-Segmentmodells [IDIAG, 2012]



Das 4-Segmentmodell, welches von der Software des Gerätes „BIACORPUS RX 4000“ verwendet wird, unterscheidet jeweils die beiden Arme und Beine und weiters den Rumpf als einzelne Zylinder d.h. als einzelne Segmente. Bereits 1996 wurde von FORSTER und LUKASKI hervorgebracht, dass die Anteile der Widerstände, welche durch die BIA-Messung erfasst werden, in den einzelnen Segmenten unterschiedlich aufgeteilt sind. So sind die Arme und Beine zusammen für ungefähr 88-94 % des auftretenden Gesamtkörperwiderstands verantwortlich, wohingegen der Rumpf lediglich einen Widerstand von 6-12% aufwirft. Den Vorteil, welche diese segmentale Technik bietet, liegt vor allem in ihrer Fähigkeit lokale Wassereinlagerungen (Ödeme) bei Patienten frühzeitig zu erkennen und erhaltene Daten dahingehend auch korrekt zu interpretieren. Aufgrund dieser Tatsache war auch der Einsatz einer Gerätschaft mit diesen Fähigkeiten bei der vorliegenden Studie von Nöten, da Ödembildungen bei Patienten im Intensivbereich vielfach die Hauptproblematiken bei der Erschließung der Körperzusammensetzung darstellen. Laut TATARA und TSUZAKI (1998) ist die segmentale Messtechnik bei der Berechnung des extrazellulären Wassers bei kritisch kranken Patienten im Intensivbereich mittlerweile unabdingbar.

3.3.2 Routinelabor

Im Zuge dieser prospektiven Pilotstudie wurden als Ergänzung zu den Parametern der Bioimpedanz auch diverse andere katabolierrelevante Laborparameter zur Klärung der aufgestellten Fragestellung herangezogen. Dazu wurde die Serumkonzentration von Albumin, die Konzentration des C-reaktiven Proteins im Serum sowie weiters das Gesamteiweiß neben dem ohnehin routinemäßig durchgeführten Blutbild untersucht. Die folgenden drei Parameter wurden jeweils beim Zeitpunkt der Aufnahme auf der Intensivstation, danach jeweils einmal pro Woche und abschließend zum Entlassungszeitpunkt des Patienten mit dem im UKH Meidling validierten Methoden ermittelt. Die Referenzbereiche, welche vom hauseigenen Labor im UKH Meidling, Kundratstraße 37, 1120 Wien festgelegt werden, sind im Folgenden dargestellt:

Referenzbereich für C-reaktives Protein: 0,0-0,5 mg/dl

Referenzbereich für Serumalbumin: 3,4-4,8 g/dl

Referenzbereich für Gesamteiweiß: 6,6-8,7 g/dl

3.3.3 Ernährungsprotokoll

Mit dem Ziel eine Bedarfsberechnung für jeden Studienteilnehmer zu ermitteln, wurde von jedem Beteiligten der Studie ein Ernährungsprotokoll angefertigt. Das 3-Tages Ernährungsprotokoll startete jeweils am Tag der Transferierung von der Intensivstation auf die jeweilige Normalstation, um dann dort die verbleibenden 2 Tage weitergeführt zu werden. Auswertungen der Ernährungsprotokolle erfolgten mit der Software „*PRODI und NutriGUIDE*“ der Firma Nutri-Science GmbH.

3.3.4 Körpergewicht und Körpergröße

Hinsichtlich der Tatsache, dass die exakte Körpergewichtsangabe für eine korrekte Durchführung bei Bioimpedanz-Messungen von Nöten ist, wurde das Körpergewicht vor Antritt jeglicher Messung eruiert. Auf der Intensivstation wurde dies mittels den dort stationierten, medizinisch geeichten Bettenwaagen durchgeführt. Die Ermittlung des Körpergewichtes auf den Normalstationen

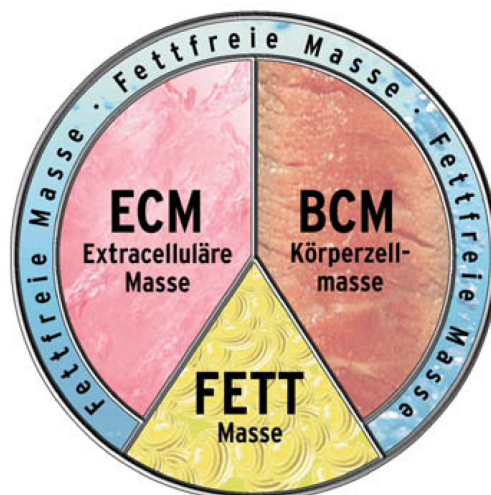
wurde mit einer Personenwaage vollzogen. Falls auf Grund diverser Verletzungen und damit einhergehender Immobilität des Patienten die Eruiierung des Körpergewichtes mittels Personenwaage nicht möglich war, wurde mit Absprache der Physiotherapeuten das Gewicht bei nächstmöglicher Mobilisierung des Patienten eruiert und konnte somit in die Software rückwirkend eingetragen werden. Die Erhebung der Körpergröße erfolgte entweder durch Messung mit einem Maßband, in den meisten Fällen aber war die exakte Körpergröße in dem vorliegenden Anamnesebogen verzeichnet und konnte daraus entnommen werden.

3.4 Datenauswertung - Berechnungsgrundlagen der Software Body Comp. V8.5 Professional

Um Messdaten von Bioimpedanz-Messungen als aussagekräftige Parameter bei der Beurteilung der Körperzusammensetzung zu verwenden, muss die Messmethode ein hohes Maß an Qualität aufweisen. In diesem hier angeführten Kontext wird die Qualität der Methode durch die beiden Gütekriterien Präzision (entspricht der Reproduzierbarkeit) und Genauigkeit (entspricht der Validität) definiert. Die Validität einer Methode gibt die Übereinstimmung der gemessenen Daten mit Referenzwerten an, wohingegen die Präzision als Messfehler beschrieben wird, welcher sich bei wiederholten Messungen einstellt. [BOSY-WESTPHAL et al., 2006] Im Jahre 2001 wurden von KYLE et al. und der Arbeitsgruppe rund um SCHUTZ et al. erstmals populationsspezifische Referenzwerte für Fettmasse und fettfreie Masse (sowie deren Index) generiert, welche bereits vielfach von Softwares zur Berechnung der Körperzusammensetzung eingesetzt wurden. Der Software „Body Comp. V 8.5 Professional“ hingegen, welche für die Auswertung der BIA-Messungen dieser Studie verwendet wurde, liegen Berechnungsformeln zu Grunde, die aus einer der größten Validierungsstudien der letzten Jahre stammen. In dieser eben genannten, publizierten Studie von SUN et al. (2003) wurden Gleichungen für fettfreie Masse und Gesamtkörperflüssigkeitsgehalt aufgestellt. Die Referenzwerte beziehen sich auf Personen unterschiedlicher ethischer Herkunft

sowie diverser Altersgruppen und differenten Gesundheitszuständen. Das Ziel war, Berechnungsformeln aufzustellen, welche auch bei Messungen im klinischen Bereich einsetzbar sind. Durch den Einsatz der eben genannten Referenzdatenbank für Berechnungsformeln in der Software „Body Comp. V8.5 Professional“, ergab sich die Möglichkeit ein krankes Patientenkollektiv zu messen, welches starke Veränderungen in der Körperzusammensetzung zeigt. Die erworbenen Berechnungsformeln zur Bestimmung von fettfreier Masse und Gesamtkörperwasser wurden von SUN et al. im Jahre 2003 gegenüber dem *Vierkompartimentmodell* generiert und werden in hohem Maße als „präzise und zuverlässig“ ausgelobt. Obwohl die verwendeten Berechnungsformeln nach dem *Vierkompartimentmodell* generiert wurden, wird für die graphische Darstellung der Messergebnisse bei der Software „Body Comp. V8.5 Professional“ das *Dreikompartimentmodell* herangezogen. Die Ergebnisse der BIA-Messung, respektive der Auswertungsdiagramme können somit übersichtlicher dargestellt werden. Meist bedient man sich hierbei einem Kreisdiagramm. (siehe Abbildung 8)

Abbildung 8: Kreisdiagramm Darstellung [IDIAG, 2010]



3.4.1 Berechnung diverser Parameter der Körperhydration

Gesamtkörperwasser (Total Body Water)

Wie bereits ausführlich im Kapitel 2.2.1 beschrieben, stellt das Gesamtkörper-Flüssigkeitskompartiment des menschlichen Körpers eine der Hauptzielgrößen bei der Bioimpedanz-Messung dar und wird deshalb auch als aussagekräftiger Parameter bei Beurteilungen von Körperzusammensetzungen verwendet. Die Formel für die Berechnung des Gesamtkörperwassers, welche von der Software „Body Comp. V 8.5 Professional“ verwendet wurde, geht auf den Algorithmus von SUN et al. (2003) zurück und wird wie folgt beschrieben:

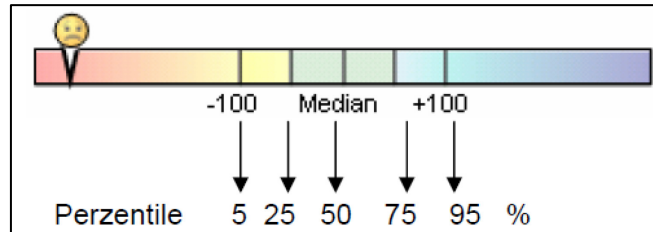
Tabelle 4: Gesamtkörperwasser Berechnung [modifiziert nach SUN et al., 2003]

Männer:	TBW(L): $0,87+0,43 \cdot (\text{Größe(cm)}^2/R)+0,20 \cdot \text{Gewicht (kg)}$
Frauen:	TBW(L): $3,27+0,45 \cdot (\text{Größe(cm)}^2/R)+0,12 \cdot \text{Gewicht (kg)}$

Wasserbalance

Die Wasserbalance wird in Form von Balken in den Auswertungen von „Body Comp. V 8.5 Professional“ dargestellt, welche die Perzentilen der Verhältnisse des extrazellulären Wassers (in % Angaben) zur vorliegenden Körperzellmasse darstellen. Für die Beurteilung des Hydrationsstatus einer Person werden Wasserbalance Werte um den Median (50. Perzentile entspricht dem Wert 0) als unauffällig gewertet; Werte über 100 (über der 95. Perzentile) sollen einen hohen Anteil an extrazellulärem Wasser anzeigen, wohingegen Werte unter 100 (unter der 5. Perzentile) auf eine übermäßig trockene extrazelluläre Masse hinweisen. [IDIAG, 2010]

Abbildung 9: Wasserbalance Angabe in Perzentilen in „Body Comp. V 8.5“
[IDIAG, 2010]



Hydrationsindex

Im Kapitel 2.2.2.2 wurde bereits beschrieben, dass unter normalen Hydrationsbedingungen der Anteil des Körperwassers an der fettfreien Masse 73,2% beträgt. Aufgrund der Tatsache, dass Bioimpedanzmessungen mittlerweile auch im klinischen Bereich (Intensivbereich) eingesetzt werden und man hierbei zumeist nicht von einer Hydratation der fettfreien Masse von 73% ausgehen kann (infolge starker Imbalancen des Hydrationsstatus), wurde im speziellen für die Version „Body Comp. V 8.5 Professional“ eine sogenannte „Hydration Linked Software“ (statistisches Nährungsverfahren) entwickelt. Falls ein Hydrationsindex von dem Normwert abweicht, wird dieser mit dem System korrigiert und an die vorherrschende Hydratation angeglichen. Dadurch ist es möglich die Hydratation der fettfreien Masse auch bei Patienten mit abweichendem Hydrationsstatus zu eruieren.

3.4.2 Berechnung der Fettmasse

Fettmasse (Body Fat)

Zur Berechnung der Fettmasse in kg wird die Divergenz zwischen dem Körpergewicht und der fettfreien Masse herangezogen.

$$\text{Körperfett} = \text{Körpergewicht} - \text{Fettfreie Masse}$$

Im Softwareprogramm „Body Comp. V 8.5 Professional“ wird der Anteil der Fettmasse an der Gesamt-Körperzusammensetzung in Kilogramm- und Prozentangaben dargestellt sowie grafisch in einem Dreikompartimentmodell.

3.4.3 Berechnung eines gewichtsbezogenen Parameters

Body Mass Index (BMI)

Per Definition ist der Body Mass Index der „Quotient aus dem Körpergewicht (in Kilogramm) und dem Quadrat der jeweiligen Körpergröße (in Meter)“.

$BMI = \text{kg/m}^2$

- Untergewicht: BMI : <18,5
- Normalgewicht BMI : <18,5-24,9
- Übergewicht BMI : >25
- Präadipös BMI : 25-29,9
- Adipositas Grad 1 BMI : 30-34,9
- Adipositas Grad 2 BMI : 35-39,9
- Adipositas Grad 3 BMI : > 40

[ELMADFA und LEITZMANN, 2004]

3.4.4 Berechnungen diverser Parameter der fettfreien Masse

Fettfreie Masse - Magermasse

Damit eine Berechnung der fettfreien Masse mit folgender Formel sinnvolle Ergebnisse liefert, muss der Koeffizient immer auf die vorherrschende Hydratationssituation des Patienten abgestimmt sein.

$\text{Fettfreie Masse} = \text{Gesamtkörperwasser} / \text{aktuellen Hydratationsstatus}$ $(0,732)$
--

Diverse Messparameter der fettfreien Masse wurden vom gerätspezifischen Softwareprogramm „Body Comp. V 8.5 Professional“ nach folgender Formel, nämlich dem Algorithmus nach SUN et al. (2003) berechnet. (siehe Tabelle 5)

Tabelle 5: Fettfreie Masse-Berechnung [modifiziert nach SUN et al., 2003]

Männer:	FFM (KG): - 9,88+(0,65*(Größe(cm)²/R)+0,26*Gewicht (kg)+0,02*R
Frauen:	FFM (KG): - 11,03+(0,70*(Größe(cm)²/R)+0,17*Gewicht (kg)+0,02*R

Die fettfreie Masse wird in der Software „Body Comp. V8.5 Professional“ als Kilogramm- bzw. Prozentangabe und des weiteren als graphische Darstellung in einem Dreikompartimentmodell dargestellt.

Im Vergleich dazu kann eine Publikation aus dem Jahre 1985 angeführt werden, in welcher SEGAL und seine Mitarbeiter bei Bioimpedanzmessungen zur Eruierung von der Magermasse herausfanden, dass die Berechnung mit „Größe² / resistiven Widerstand“ als Vorhersage für die Magermasse herangezogen werden kann. Begründet wurde dies mit der Tatsache, dass die Magermasse ein elektrolyt- und wasserabhängiges Körperkompartiment ist und dies mit der Einbeziehung des resistiven Widerstandes in der Formel kenntlich gemacht wird.

Körperzellmasse (Body Cell Mass)

Als Berechnungsgrundlage für die Körperzellmasse dient die Formel:

$\text{Körperzellmasse} = \text{Magermasse (LBM)} * \text{Phasenwinkel} * \text{Konstante (0,29)}$
--

Dadurch der Phasenwinkel in Kombination mit der Körperzellmasse eine fundierte Interpretationsgrundlage bezüglich der Anzahl und der Gesundheit von Körperzellen bietet, wird dieser auch in die Berechnung der Körperzellmasse mit einbezogen. Im Softwareprogramm „Body Comp. V 8.5 Professional“ wird die Körperzellmasse in Form von Balken dargestellt. Als

Referenzwerte für die Festlegung der Grenzwerte der Körperzellmasse-Angabe in diesen Balken werden Normalgewichts-Berechnungen (nach dem Broca-Index) verwendet und diese anschließend graphisch in der Auswertungsunterlage dargestellt. Als Körperzellmasse Untergrenze am Balken wird ein Wert verwendet, der sich aus dem Normalgewicht * 0,3 zusammensetzt, als Optimalwerte der Körperzellmasse wiederum werden Zahlen eingesetzt, welche sich definieren durch Werte > Normalgewicht * 0,4.

Extrazelluläre Masse (Extra Cellular Mass)

Die extrazelluläre Masse wird nach folgendem Schema berechnet:

$$\text{Extrazelluläre Masse} = \text{Fettfreie Masse (LBM)} - \text{Körperzellmasse}$$

Die Angabe im Auswertungsdatenblatt erfolgt in Kilogramm- und Prozentangaben.

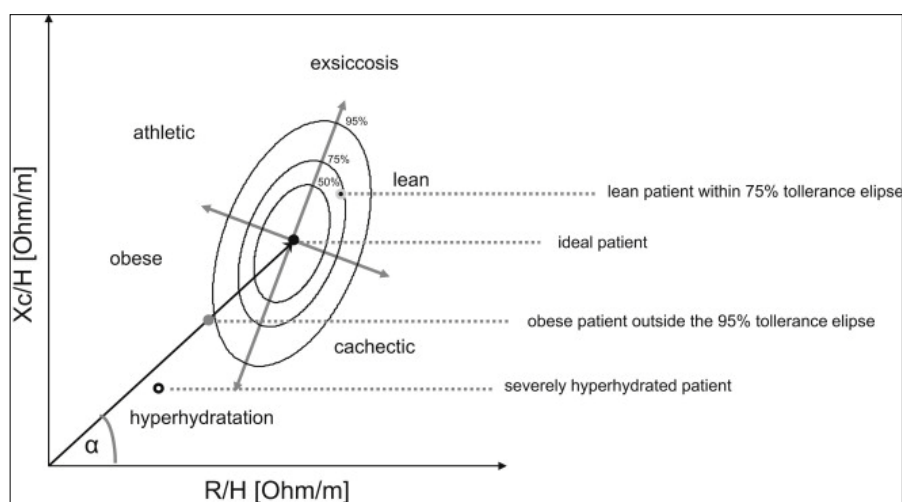
3.4.5 Berechnung von Nomogrammen (gruppenspezifische Zielellipsen)

Eine allgemein gültige Formel zur Berechnung einzelner Parameter der Körperzusammensetzung bei einem kranken Patientenkollektiv, steht infolge der krankheitsbedingten Größenabweichungen gewisser Körperkompartimente vom Normwert, nach wie vor im Mittelpunkt reger Diskussion. In den letzten 20 Jahren ist eine Vielzahl von Studien veröffentlicht worden, deren Herausgeber versuchten, die Formeln der Körperkompartiment Berechnung zu validieren. Ein Großteil derer ist zu dem Schluss gekommen, dass die Berechnungsformeln der Körperkompartimente mit hoher Fehleranhäufung im Falle einer vorliegenden Krankheit behaftet sind. Trotz der sehr guten Reproduzierbarkeit der Messdaten bei einer BIA-Messung, muss bei der Interpretation der Messergebnisse große Sorgfalt geboten sein. PIRLICH und seine Mitarbeiter veröffentlichten im Jahre 2000 eine Publikation, welche eine Datensammlung von zahlreichen BIA-Messungen (auch bei vorliegender Krankheit) enthielt, um sie für Validierungen von Körperkompartiment Berechnungen einzusetzen.

Unter Miteinbeziehung dieser vorgelegten Daten kamen sie zu dem Schluss, dass im speziellen bei Gesamtkörperwasser Bestimmungen, die Schwankung des Körperwassers (dargestellt als Differenz zur Vormessung) vom BIA-Gerät genauer bestimmt werden kann (auf 0,5-1 Liter Messgenauigkeit), als ein Absolut Wert einer einmaligen Messung. Deshalb wurde im Zuge der Aufbereitung der Software „Body Comp. V8.5 Professional“ neben den klassischen Berechnungsverfahren der Körperkompartimente, auch eine Darstellung von gruppenspezifischen Zielellipsen, sogenannter Nomogramme, in die Auswertungsdatei mit aufgenommen. Die allgemein so bezeichneten Nomogramme offenbaren die Möglichkeit, Vergleiche von Körperflüssigkeitsschwankungen oder Veränderungen im Körperzellmasseauf- bzw. abbau bei unterschiedlichen Messzeitpunkten aufgrund der Messergebnisse graphisch darzustellen, um somit anschließend Verlaufsbeobachtungen durchführen zu können. Durch die Darstellung in Form von Nomogrammen ist es auf den ersten Blick möglich zu erkennen, inwiefern ein Messpunkt mit den Werten der Referenzpopulation übereinstimmt, um somit Abweichungen der Norm leichter interpretieren zu können. Als sogenannter „PICCOLI-GRAPH“, nach dessen Erfinder (PICCOLI et al., 1994) benannt, ermöglicht die Darstellung eines Nomogramms eine Aussage über den vorliegenden Hydrationszustand eines Patienten in Bezug auf seine fettfreie Masse. Die Nomogramme kommen durch das Auftragen von Resistanz Werten auf der Abszisse eines Koordinatensystems und weiters durch das Auftragen von Reaktanz Werten auf der Ordinate (beide standardisiert nach Körpergröße) zu Stande. Der eben beschriebene Piccoli Graph (auch RXc Graph genannt) ist dazu in der Lage, den Messpunkt eines Patienten in Relation zu normalverteilten Messwerten von Referenzdaten zu setzen. Damit durch Einsetzen einzelner Punkte (entspricht einer Messung) in dieses Koordinatensystem eine aussagekräftige Interpretation möglich ist, wurden Referenzwerte aus einer Referenzdatenbank (unter Berücksichtigung einer Zielgruppe mit definiertem Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand) herangezogen und in Form von Toleranzellipsen (50%; 75% und 95% Perzentile) dargestellt. Somit kann nun ein individueller Vektor (Vektor

entspricht dem Messpunkt) mit den dargestellten Referenzellipsen verglichen werden um daraus Schlüsse auf die Veränderung der Körperzusammensetzung zu ziehen.

Abbildung 10: RXc-Graph [modifiziert nach NORMAN et al., 2011]



Bei Eintreten des Falles, dass sich ein Messpunkt im Bereich der 95%-Perzentile (vertikal nach oben verlaufend) befindet, kann von einer schlechten Hydration der fettfreien Masse ausgegangen werden. Wird aufgrund von krankheitsbedingten Umständen relativ viel Wasser im Organismus eingelagert, kann eine Verlagerung der Messpunkte nach unten verzeichnet werden. In Punkto Körperzellmasse kann ein Aufbau dieser (Phasenwinkel erhöht sich) in einer Verlagerung des Messpunktes in die linke Hälfte des Nomogramms beobachtet werden. Dementsprechend ist bei einer Verlagerung des Messpunktes auf die gegenüberliegende Seite, also nach rechts (Abnahme des Phasenwinkels), von einer Abnahme der Körperzellmasse auszugehen. (siehe Abbildung 11) Respektive in dieser hier präsentierten prospektiven Pilotstudie, wurde die Körperzusammensetzung eines kranken Patientenkollektivs mittels BIA-Messungen ermittelt. Die Referenzdatenbank jedoch, welche man als Abgleich für die Interpretationen der Nomogramme in dieser Software Version zum Einsatz bringt, wird als nicht optimal angesehen, da sie sich aus

durchwegs gesunden Patienten zusammensetzt. Infolgedessen wurde für die Auswertung des im Ergebnissteil dargestellten Nomogramms in dieser Masterarbeit eine Version zur Erstellung von Nomogrammen verwendet (Version 9), welche eigens für Auswertungen von BIA-Messungen eines kranken Personenkollektivs konzipiert wurde. Daraus resultierend konnte der Verlauf von Hydrationsschwankungen und Körperzellmasseveränderungen über den gesamten Untersuchungszeitraum (U1-U3) anhand eines errechneten Durchschnittswertes der 19 Patienten dargestellt werden.

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Datenauswertung im Zuge dieser vorgelegten Arbeit erfolgte neben dem Statistikprogramm IBM SPSS® (Version 19) und Microsoft Excel (Version Office 2007) mit einem Auswertungsprogramm für Nomogramme, dem sogenannten „Body Comp. V.9“ der Firma Aengus GmbH. Für deskriptive Auswertungen wurden Lageparameter (Mittelwert und Median) sowie Streuungsparameter (Standardabweichung) berechnet. Als Test zur Prüfung auf Normalverteilung unterzog man die Daten einem Kolmogorov-Smirnov Test. Ein T-Test für gepaarte Stichproben wurde zur Überprüfung der Veränderung der einzelnen Parameter im zeitlichen Verlauf (U1-U3) angewandt. Neben der Illustrierung von demographischen Daten (Alter, Körpergröße) in Form von Boxplots, wurde die Häufigkeitsverteilung eines Parameters (Wasserbalance) mittels Histogrammen dargestellt. Explizit bei einem Parameter (Phasenwinkel) wurde eine Datenmodifikation mittels Trennwert Klassifikation (Chi-Quadrat Test nach Pearson für Kreuztabellen) durchgeführt. Korrelationsanalysen wurden unter Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson ausgearbeitet, mit dem Ziel Rückschlüsse über die Richtung und die jeweilige Stärke eines Zusammenhanges zweier Parameter zu erhalten. Die graphische Darstellung der Korrelationen erfolgte mittels einfacher Streudiagramme bzw. eines Matrix-Scatterplots. Um nicht nur die Stärke einer Korrelation von zwei Parametern zu untersuchen, sondern auch um die Zusammenhänge quantitativ zu beschreiben und zu erklären, wurden einfach lineare Regressionsmodelle angewandt (inkl. linearer Regressionsgleichungen).

Bei zahlreichen Beispielen der folgenden Auswertung wurde eine statistisch signifikante Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ und eine höchst signifikante bei $p < 0,01$ festgelegt, welche jeweils an den für sie relevanten Stellen der Auswertungsanalysen explizit angeführt wurde.

3.5.1 Datenbankstruktur

Eine Datenmaske in Excel (Version 2007) wurde erstellt, um die Bereitstellung von erhobenen Daten der Studienteilnehmer für Auswertungszwecke zu gewährleisten. Obwohl bei jedem Patienten 2x wöchentlich eine BIA-Messung stattfand, ist infolge der Optimierung der statistischen Auswertung eine Excel Maske mit Daten von drei Messzeitpunkten (U1-U3) erstellt worden. Nach einer Übertragung der Messergebnisse in das Statistikprogramm IBM SPSS® (Version 19) wurden diese einer Datenaufbereitung unterzogen.

4 ERGEBNISSE

Die Datenerhebung im Zuge der Durchführung von BIA-Messungen, erstreckte sich über einen Zeitraum von sechs Monaten (März bis August 2012). Angesichts der Tatsache, dass die Durchführung der Bioimpedanz-Messungen des gesamten Patientenkollektivs der Studie durch die Mithilfe von zwei Masterstudentinnen getätigt wurde, ist ein Teil der Ergebnisse von Frau Bakk.rer.nat. Romana Piza für die Auswertungen in ihrer Masterarbeit verwendet worden. Die Studienergebnisse, welche ein Patientenkollektiv von 19 Personen ($n=19$) umfassen, dienen als Grundlage für die Auswertung in dieser vorgelegten Arbeit. Infolge der Tatsache, dass gänzlich alle Ergebnisse anhand von Durchschnittsberechnungen (bzw. geschlechterspezifische Auswertung) dargestellt werden, wird im Anhang dieser Arbeit eine Auflistung der jeweiligen Aufenthaltsdauer jedes einzelnen Patienten und ein Auszug der wichtigsten Parameter bei allen 3 Messzeitpunkten, für eine eventuelle Eigeninterpretation, beigelegt.

4.1 Demographische Daten der Studienteilnehmer

Das gesamte Patientenkollektiv ($n=19$) setzt sich aus 12 Männern (63,2%) und 7 Frauen (36,8%) zusammen.

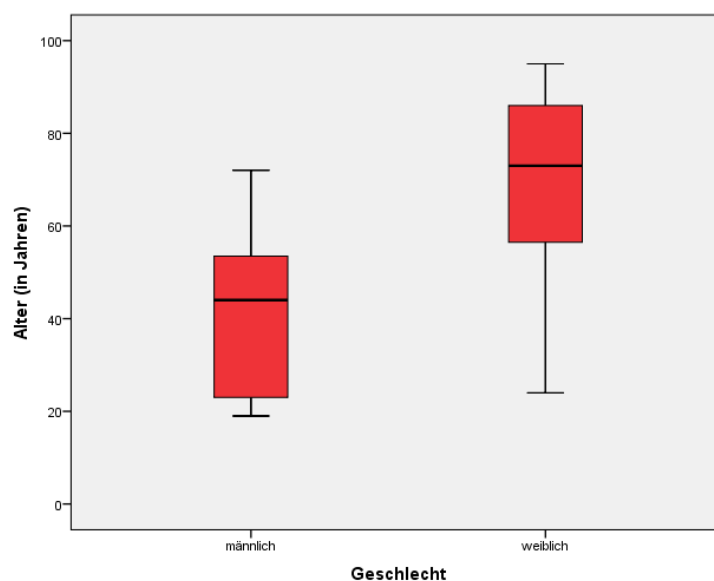
Tabelle 6: Durchschnittsberechnung von Alter und Körpergröße ($n=19$)

	Männer	Frauen
Alter (Jahre)	42,42 ± 18,5	68,14 ± 24,75
Körpergröße (cm)	179,42 ± 5,14	166,14 ± 11,12

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Die Auswertungen (MW ± Standardabweichung) des Alters (in Jahren) der 19 Patienten sind in den zwei (nach Geschlecht getrennten) Boxplots dargestellt:

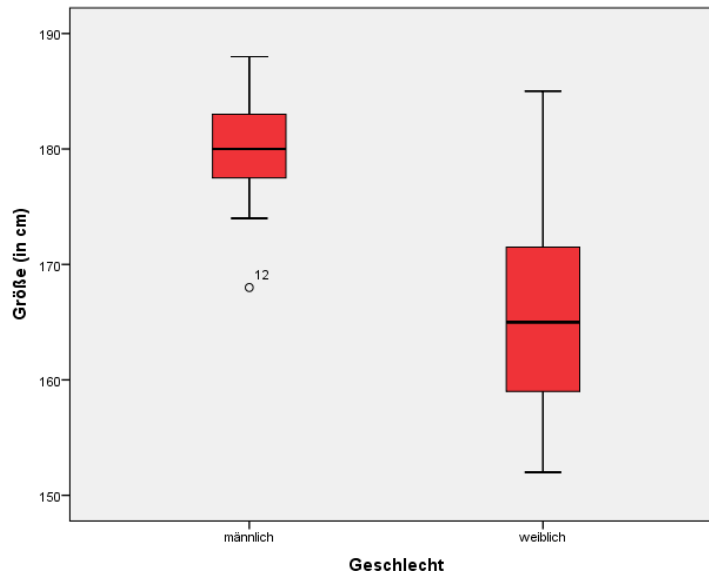
Abbildung 11: Durchschnittsalter (Jahre) -geschlechterspezifisch



In Abgleich mit Tabelle 6 zeigen die beiden Boxplots, dass die Altersstruktur in den beiden Geschlechtergruppen stark divergiert. So weist die Altersverteilung bei den Frauen ein Mittel der Werte von 73 Jahren auf (Median= 73 Jahre), wohingegen bei den Männern ein Median von 44 Jahren errechnet wird. Zurückführbar ist der im erhöhten Alter angegebene Median der Frauen auf die große Streuung, da die Patientinnen entweder sehr jung (24 Jahre) bzw. sehr alt waren (95 Jahre). Das gleiche Phänomen trifft auf die Männer zu, bei denen die jüngsten Studienteilnehmer ein Alter von 19 Jahren und die ältesten Patienten ein Alter von 72 Jahren aufwiesen.

Viele Studien belegen mittlerweile, dass die Körpergröße einen nicht unwesentlichen Einflussfaktor bei der Berechnung von Impedanzwerten (Reaktanz und Resistanz) darstellt. Berechnungen (U1) der folgenden Arbeit zeigen aber keinen signifikanten Einfluss der Körpergröße sowohl auf die Reaktanz ($p=0,215$) als auch auf die Resistanz ($p=0,126$) bei einem Signifikanzniveau von 0,01 (2-seitig).

Abbildung 12: Durchschnittsberechnung der Körpergröße (cm) - geschlechterspezifisch



Während die Gruppe der Frauen im Mittel eine Körpergröße von 165 cm ($\neq$ Median) aufwiesen, war dies bei den Männern ein Wert von 180 cm. Sowohl bei den Männer, bei denen von den insgesamt 12 Personen ein Ausreißer nach unten (168 cm) zu verzeichnen war, konnte auch in der Gruppe der Frauen eine Patientin mit einem überdurchschnittlich hohen Wert der Körpergröße von 185 cm verzeichnet werden. Der Mittelwertvergleich der beiden Geschlechtergruppen bezüglich der Körpergröße hat ergeben, dass sich diese signifikant ($p=0,019$ mit einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$) voneinander unterscheiden.

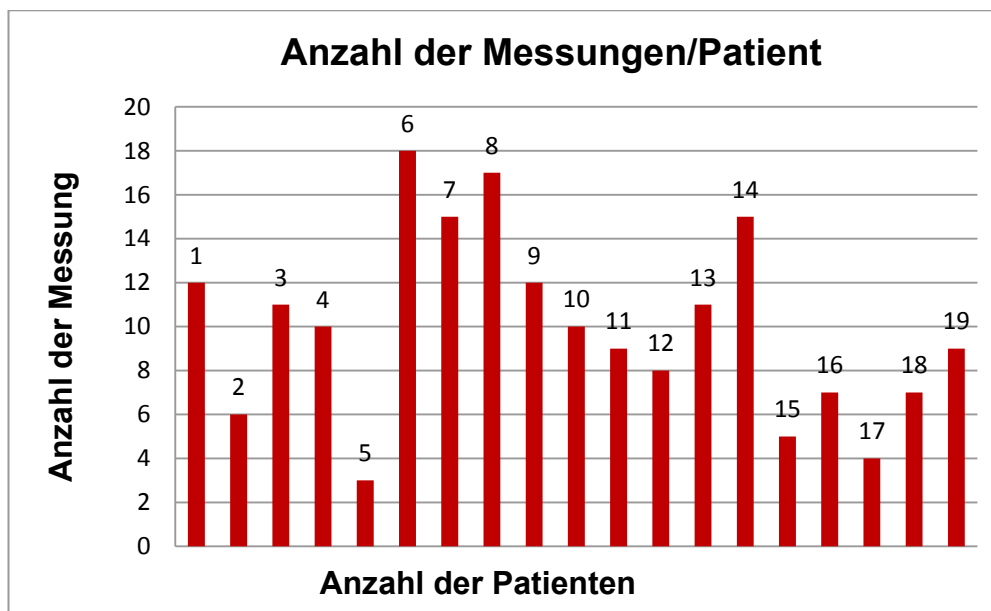
4.2 Körperzusammensetzung der Studienteilnehmer

4.2.1 Anzahl der BIA-Messungen

Insgesamt wurden an den 19 Patienten 189 Bioimpedanzmessungen durchgeführt. Im Durchschnitt lag die Anzahl der Messungen pro Patient bei ca.10 Messungen (im Zeitraum U1-U3), wobei aber die Häufigkeit der Messungen pro Patient von der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus abhängig

war (siehe Tabellen im Anhang). Die genaue Anzahl der Messungen pro Patient wird in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Anzahl der Messungen pro Patient



Auswertungen ergaben, dass bei den 19 Patienten die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus (U1-U3) nach erlittenem Trauma im Schnitt bei 35 Tagen lag (mit einer Spanne von 13 Tagen (min.) bis zu 63 Tagen (max.)). (siehe Tabellen im Anhang)

4.2.2 Veränderung der Körperzusammensetzung der Patienten während des gesamten Untersuchungszeitraumes (unabhängig vom Geschlecht)

In Tabelle 8 sind die Bioimpedanz- als auch die Laborparameter, welche über den gesamten Untersuchungszeitraum (U1-U3) ermittelt wurden, dargestellt.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Bioimpedanz- als auch der Laborparameter (n=19)

	U1	U2	U3
Bioimpedanzparameter			
Gewicht (kg)	77,75±12,04	71,47±9,87	68,17±8,86
Extrazelluläres Wasser (l)	22,04±4,36	18,47±3,90	19,83±6,83
Gesamtkörperwasser (l)	45,03±9,39	38,80±7,92	37,79±7,93
Wasserbalance	100,7±106,9	44,91±111,9	60,77±82,21
Fettmasse (kg)	16,91±7,70	16,41±7,60	15,18±7,50
Body Mass Index (kg/m²)	25,56±3,6	23,57±3,44	22,46±2,88
Fettfreie Masse (kg)	60,84±12,30	55,06±10,02	52,99±9,01
Körperzellmasse (kg)	29,06±8,01	27,06±8,12	25,14±6,72
Extrazelluläre Masse (kg)	31,77±5,80	28,00±4,96	27,85±3,94
ECM/BCM Ratio	1,16±0,32	1,12±0,41	1,17±0,30
Phasenwinkel	5,34±1,06	5,68±1,48	5,30±1,15
Resistanz Rz (50 kHz)	463,8±83,42	566,8±128,8	578,1±123,4
Reaktanz Xc (50 kHz)	43,37±11,47	55,58±15,01	52,68±12,60
Laborparameter			
Albumin (g/dl)	2,72±0,57	3,40±0,58	3,60±0,35
C-reaktives Protein(mg/dl)	10,21±6,41	4,71±5,23	1,23±1,33
Gesamteiweiß (g/dl)	5,01±1,22	6,58±1,02	6,71±0,65

(Darstellung: Mittelwert± Standardabweichung)

4.2.3 Verlaufsdarstellung (U1-U3)

Fettfreie Masse

Tabelle 9: Darstellung der fettfreien Masse (kg)

	Männer	Frauen
U1	66,93 kg ± 8,55	50,41 kg ± 10,87
U2	59,42 kg ± 6,82	47,60 kg ± 10,63
U3	56,68 kg ± 5,91	46,67 kg ± 10,28

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,007*	0,518
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,437
U2 im Vergleich zu U3	0,68	0,277

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Im Vergleich zu der Gruppe der Frauen, bei der sich über den gesamten Untersuchungszeitraum keine Abnahme der fettfreien Masse in signifikantem Ausmaß zeigte, konnte man bei den Männern eine Abnahme von 10,25 kg (im Mittel) von U1-U3 ($p=0,000$) beobachten. Ausgedrückt in %-Angaben, kann in der Gruppe der Männer eine Abnahme von 15,31% der fettfreien Masse, vom traumatischen Geschehen bis hin zum Entlassungszeitpunkt verzeichnet werden.

Extrazelluläre Masse

Tabelle 10: Darstellung der extrazellulären Masse (kg)

	Männer	Frauen
U1	33,62 kg ± 5,18	28,60 kg ± 5,75
U2	28,23 kg ± 3,87	27,60 kg ± 6,80
U3	28,98 kg ± 3,47	25,91 kg ± 4,19

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,001*	0,761
U1 im Vergleich zu U3	0,002*	0,226
U2 im Vergleich zu U3	0,66	0,271

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

In Abgleich mit der zuvor diskutierten, signifikanten Abnahme der fettfreien Masse bei den Männern (U1-U3) zeigt der T-Test für gepaarte Stichproben bei den Messwerten der extrazellulären Masse eine signifikante Abnahme bei den Männern während der Zeitpunkte U1/U2 und U1/U3.

Körperzellmasse

Tabelle 11: Darstellung der Körperzellmasse (kg)

	Männer	Frauen
U1	33,31 kg ± 4,87	21,79 kg ± 7,14
U2	31,18 kg ± 6,15	20,01 kg ± 6,06
U3	27,70 kg ± 5,41	20,76 kg ± 6,80

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,241	0,195
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,734
U2 im Vergleich zu U3	0,26	0,714

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Die Männer verzeichneten im Gegensatz zu den Frauen eine signifikante Abnahme der Körperzellmasse (im Mittel von 5,61 kg) während des gesamten Untersuchungszeitraumes. (U1-U3 / $p=0,000$).

ECM/BCM Ratio

Tabelle 12: Darstellung des ECM/BCM Ratio

	Männer	Frauen
U1	1,02 ± 0,16	1,39 ± 0,38
U2	0,94 ± 0,25	1,44 ± 0,45
U3	1,09 ± 0,26	1,32 ± 0,33

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,229	0,680
U1 im Vergleich zu U3	0,246	0,652
U2 im Vergleich zu U3	0,016*	0,594

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Eine auffallende, weil signifikante Erhöhung ($p=0,016$) des ECM/BCM Ratios konnte bei den Männern verzeichnet werden innerhalb der beiden letzten Untersuchungszeiträume U2 und U3. In der Gruppe der Frauen hingegen kann über die drei Untersuchungszeitpunkte hinweg eine Stagnation der Messwerte beobachtet werden.

Fettmasse

Tabelle 13: Darstellung der Fettmasse (kg)

	Männer	Frauen
U1	14,76 kg $\pm$ 7,01	20,59 kg $\pm$ 7,93
U2	14,34 kg $\pm$ 6,04	19,94 kg $\pm$ 9,11
U3	12,98 kg $\pm$ 6,86	18,94 kg $\pm$ 7,48

(Darstellung: Mittelwert $\pm$ Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,797	0,777
U1 im Vergleich zu U3	0,243	0,580
U2 im Vergleich zu U3	0,350	0,653

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Bezugnehmend auf die Fettmasse kam es sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern zu einer Abnahme, jedoch nicht in signifikantem Ausmaß.

Körpergewicht

Tabelle 14: Darstellung des Körpergewichtes (kg)

	Männer	Frauen
U1	81,68 kg ± 10,58	71 kg ± 12,08
U2	73,76 kg ± 9,93	67,54 kg ± 9,10
U3	69,66 kg ± 8,05	65,61kg ± 10,21

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,002*	0,298
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,239
U2 im Vergleich zu U3	0,009*	0,355

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Im Vergleich zu den Frauen, welche im Durchschnitt 5 kg Körpergewicht verloren, kam es bei den Männern zu einer signifikanten Körpergewichtsabnahme von ungefähr 12 kg während des gesamten Untersuchungszeitraumes (U1-U3). Mögliche Gründe für die starken Körpergewichtsabnahmen zwischen U1 und U2 werden im Diskussionsteil genauer erörtert.

Gesamtkörperwasser

Tabelle 15: Darstellung des Gesamtkörperwassers (L)

	Männer	Frauen
U1	49,74 L ± 7,05	36,94 L ± 7,25
U2	42,16 L ± 5,27	33,04 L ± 8,72
U3	41,04 L ± 5,39	32,23 L ± 8,83

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,000*	0,271
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,172
U2 im Vergleich zu U3	0,147	0,439

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Obwohl bei der Gruppe der Frauen eine Abnahme über den gesamten Untersuchungszeitraum von ungefähr 5 Liter Gesamtkörperwasser zu verzeichnen ist, ist diese nicht signifikant ($p > 0,05$). Bei den Männern jedoch konnte eine stetige signifikante Abnahme des Gesamtkörperwassers von U1 bis U3 anhand der Daten gezeigt werden.

Extrazelluläres Wasser

Tabelle 16: Darstellung des extrazellulären Wassers (L)

	Männer	Frauen
U1	23,36 L ± 4,21	19,74 L ± 3,91
U2	18,73 L ± 2,95	18,03 L ± 5,39
U3	19,71 L ± 3,32	20,03 L ± 10,93

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,000*	0,471
U1 im Vergleich zu U3	0,002*	0,947
U2 im Vergleich zu U3	0,024*	0,000*

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Während bei den Frauen eine signifikante Zunahme der extrazellulären Flüssigkeit zwischen den beiden letzten Untersuchungszeiträumen (U2/U3) erfasst werden konnte, zeigt sich in der Gruppe der Männer eine Reduktion des extrazellulären Wassers (signifikant) mit einer durchschnittlichen Abnahme von 4 Liter im Zeitraum U1-U3.

Wasserbalance

Tabelle 17: Darstellung der Wasserbalance

	Männer	Frauen
U1	77,22 ± 86,19	140,9 ± 133,0
U2	10,27 ± 91,86	104,3 ± 124,8
U3	58,62 ± 96,49	64,47 ± 56,4

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,022*	0,567
U1 im Vergleich zu U3	0,430	0,100
U2 im Vergleich zu U3	0,021*	0,363

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Während bei den Frauen eine stetige Abnahme der Wasserbalance Werte (wenn auch nicht in signifikantem Ausmaß) während des gesamten Untersuchungszeitraumes zu verzeichnen ist, folgt bei der Gruppe der Männer auf eine erstmalige Abnahme (U1-U2) der Werte, eine erneute Zunahme (U2-U3) in signifikantem Ausmaß.

Phasenwinkel

Tabelle 18: Darstellung des Phasenwinkels (Grad)

	Männer	Frauen
U1	5,78 ± 0,75	4,59 ± 1,13
U2	6,38 ± 1,29	4,47 ± 0,91
U3	5,63 ± 1,18	4,74 ± 0,93

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,094	0,604
U1 im Vergleich zu U3	0,549	0,700
U2 im Vergleich zu U3	0,010*	0,558

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Eine Erhöhung des Phasenwinkels (wenn auch nur in geringem Ausmaß) ist bei der Gruppe der Frauen über den gesamten Untersuchungszeitraum zu verzeichnen. Im Gegensatz dazu folgt in der Gruppe der Männer auf eine Zunahme des Phasenwinkels bei U1-U2, eine Abnahme bis hin zu U3, welche sich mit einem Phasenwinkel Wert von 5,63 wieder dem errechneten Wert von U1 annähert.

Resistanz

Tabelle 19: Darstellung der Resistanz (Ohm)

	Männer	Frauen
U1	438 ± 72,48	507 ± 87,76
U2	534 ± 79,73	622 ± 180,1
U3	543 ± 77,45	638 ± 167,3

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,000*	0,167
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,056
U2 im Vergleich zu U3	0,432	0,727

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Sowohl in der Gruppe der Frauen als auch bei den Männern konnte eine Zunahme der Resistanz Werte verzeichnet werden (in signifikantem Ausmaß).

Reaktanz

Tabelle 20: Darstellung der Reaktanz (Ohm)

	Männer	Frauen
U1	44,75 ± 11,25	41 ± 12,33
U2	59,25 ± 12,43	49,29 ± 17,87
U3	53,33 ± 12,54	51,57 ± 13,62

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,000*	0,234
U1 im Vergleich zu U3	0,011*	0,029*
U2 im Vergleich zu U3	0,004*	0,680

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Eine Zunahme der Reaktanz Werte konnte sowohl bei der Gruppe der Männer als auch bei der Gruppe der Frauen über den gesamten Untersuchungszeitraum U1-U3 in signifikantem Ausmaß beobachtet werden. Auffallend in der Gruppe der Männer ist der Anstieg der Reaktanz Werte zwischen U1 und U2, dem ein Abfall der Werte bei U3 folgt.

Laborparameter

C-reaktives Protein

Tabelle 21: Darstellung des C-reaktiven Proteins (mg/dl)

	Männer	Frauen
U1	10,03 ± 6,20	10,51 ± 7,26
U2	5,03 ± 6,39	4,14 ± 2,53
U3	1,21 ± 1,46	1,27 ± 1,20

(Darstellung: Mittelwert ± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,020*	0,051
U1 im Vergleich zu U3	0,001*	0,010*
U2 im Vergleich zu U3	0,061	0,012*

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

Es zeigt sich, dass sich die Werte für CRP in beiden Geschlechtergruppen vom traumatologischen Ereignis (U1) bis hin zum Entlassungszeitpunkt (U3) signifikant reduzierten. Ausnahme hierbei bildet der Untersuchungszeitraum U1-U2 bei den Frauen und U2-U3 bei den Männer, welche zwar eine Tendenz der Verringerung des Wertes zeigen, aber knapp nicht in signifikantem Ausmaß.

Gesamteiweiß

Tabelle 22: Darstellung des Gesamteiweißes (g/dl)

	Männer	Frauen
U1	4,97 ± 1,30	5,09 ± 1,17
U2	6,80 ± 1,10	6,21 ± 0,80
U3	6,98 ± 0,58	6,23 ± 0,51

(Darstellung: Mittelwert± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
	<i>p-Werte</i>	
U1 im Vergleich zu U2	0,001*	0,119
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,038*
U2 im Vergleich zu U3	0,493	0,960

* Signifikanzniveau: p-Wert≤0,05

Vergleiche der Durchschnittswerte für das Gesamteiweiß zeigten sowohl bei Frauen als auch bei Männern eine signifikante Erhöhung der Serumwerte im Untersuchungszeitraum U1-U3.

Serumalbumin

Tabelle 23: Darstellung des Serumalbumins (g/dl)

	Männer	Frauen
U1	2,70 ± 0,58	2,74 ± 0,60
U2	3,51 ± 0,63	3,21 ± 0,48
U3	3,72 ± 0,25	3,40 ± 0,43

(Darstellung: Mittelwert± Standardabweichung)

Mittelwertvergleich innerhalb der 3 Messzeitpunkte mittels T-Test (bei gepaarten Stichproben):

Messzeitpunkte	Männer	Frauen
<i>p-Werte</i>		
U1 im Vergleich zu U2	0,002*	0,200
U1 im Vergleich zu U3	0,000*	0,042*
U2 im Vergleich zu U3	0,296	0,116

* Signifikanzniveau: $p\text{-Wert} \leq 0,05$

In Abgleich mit den oben angeführten Ergebnissen des Gesamteiweißes zeigt sich auch beim Serumalbumin ein Trend zur signifikanten Erhöhung bei Männern und Frauen während der Untersuchungszeiträume U1-U3.

4.2.4 Phasenwinkel Berechnungen

Korrelation der Körperzellmasse mit dem Phasenwinkel

Tabelle 24: Korrelation der Körperzellmasse mit dem Phasenwinkel (n=19)

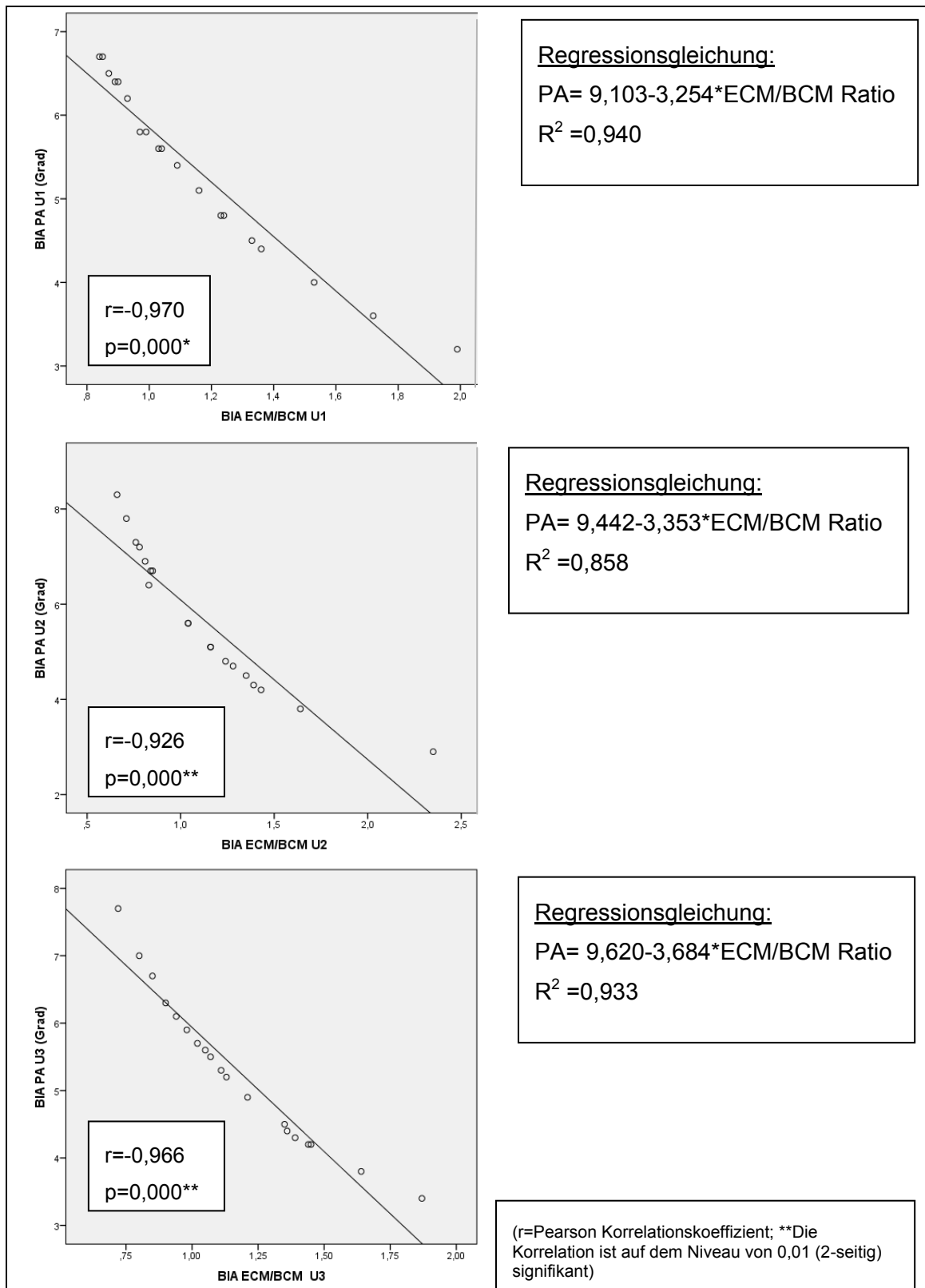
Korrelation der Körperzellmasse (BCM) mit dem Phasenwinkel (PA) (U1-U3)		
BCM U1 zu PA U1	r=0,994	p=0,000**
BCM U2 zu PA U2	r=0,883	p=0,000**
BCM U3 zu PA U3	r=0,862	p=0,000**

(r=Pearson Korrelationskoeffizient; ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant)

Der in der Literatur beschriebene Zusammenhang des Phasenwinkels mit der Körperzellmasse konnte in Korrelationsberechnungen mit $r/U1=0,994$; $r/U2=0,883$ und $r/U3=0,862$ in höchst signifikantem Ausmaß gezeigt werden.

Korrelation des Phasenwinkels mit dem ECM/BCM Ratio

Abbildung 13: Streudiagramme: Phasenwinkel (PA) und ECM/BCM Ratio



Auffallend ist eine sehr starke negative Korrelation zwischen den beiden Parametern beim Ersten Untersuchungszeitpunkt mit $r=-0,970$ ($p=0,000$). Aus den Streudiagrammen kann entnommen werden, dass mit wachsendem Phasenwinkel sich die Werte für das ECM/BCM Ratio im Normbereich (0,8-1) einpendeln. Hingegen können erniedrigte Phasenwinkel Werte wiederum zu einer Erhöhung des ECM/BCM Ratio führen. Um die Art des Korrelationszusammenhangs der beiden Parameter aufzudecken bzw. um die Möglichkeit auszuloten den Wert einer abhängigen Variable (Phasenwinkel) aus einer unabhängigen Variable (ECM/BCM Ratio) vorherzusagen, wurde eine einfache lineare Regressionsanalyse (inkl. Regressionsgleichung) aufgestellt. Dahingehend würde ein Wert des ECM/BCM Ratio von 0,9 (bei U1) einen Phasenwinkel von 6,17 ergeben. Dies untermauert die Aussage, dass ein höherer Phasenwinkel Wert einhergeht mit einem ECM/BCM Ratio im Normbereich (0,8-1). Das Bestimmtheitsmaß R^2 , welches die Güte der Anpassung der Regressionsfunktion an die empirischen Daten misst, liegt mit einem Durchschnittswert von 0,910 (U1-U3) im optimalen Bereich. Der hohe Anteil der erklärten Varianz deutet darauf hin, dass der hier beschriebene Zusammenhang der beiden Variablen eine Normalverteilung aufweist. Diese konnte darüber hinaus bei allen drei Messzeitpunkten mit dem Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest bestätigt werden.

Trennwert Berechnungen bezüglich des Phasenwinkels

Die folgende Tabelle zeigt die Kategorisierung der 19 Patienten (geschlechterspezifisch) in Klassen, entsprechend der Höhe des Phasenwinkels. Der Vergleich der Anzahl der Personen in den einzelnen Gruppen zu Beginn der Untersuchung (U1) und zum Entlassungszeitpunkt (U3) soll Interpretationsspielraum bieten.

Tabelle 25: Aufteilung der Patienten (geschlechterspezifisch) in Kategorien entsprechend der Höhe des Phasenwinkels (U1 und U3)

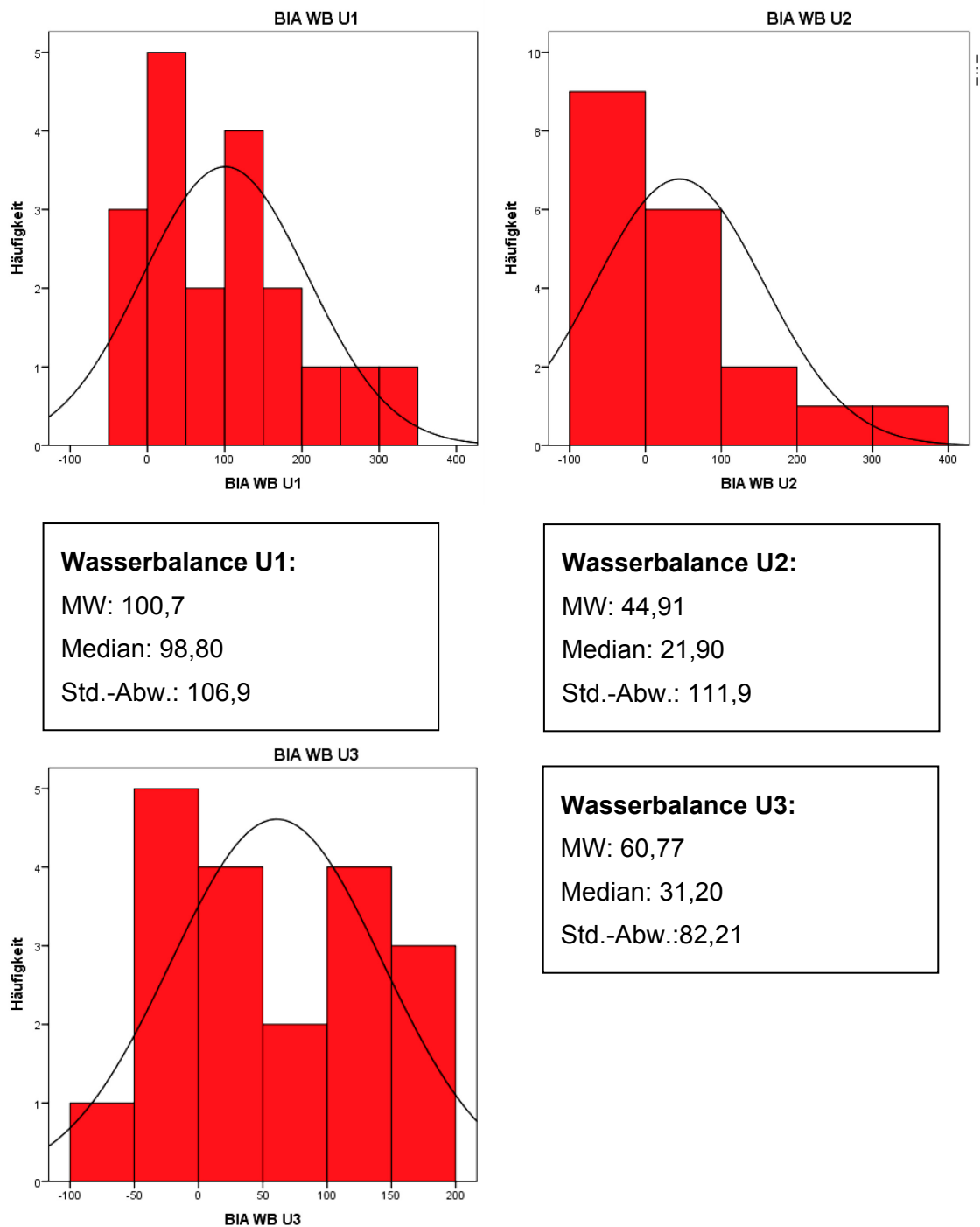
	<u>U1</u> Phasenwinkel ≤4,5° n=19	<u>U1</u> Phasenwinkel 4,5°-7° (Norm) n=19	<u>U3</u> Phasenwinkel ≤4,5° n=18	<u>U3</u> Phasenwinkel 4,5°-7° (Norm) n=18
Männer	n=2 (p=0,017)*	n=10(p=0,017)*	n=4 (p=0,707)	n=7 (p=0,707)
Frauen	n=5 (p=0,017)*	n=2 (p=0,017)*	n=3 (p=0,707)	n=4 (p=0,707)

(*Chi-Quadrat nach Pearson; asymptotische Signifikanz 2-seitig $p \leq 0,05$)

Bei U1 kann in beiden Kategorien (sowohl in der Kategorie Phasenwinkel $\leq 4,5^\circ$ als auch bei einem Phasenwinkel in der Größenordnung $4,5^\circ$ - 7°) nach Durchführung eines Chi-Quadrat Tests nach Pearson gezeigt werden, dass sich Männer und Frauen bezüglich deren Anzahl in den einzelnen Klassen signifikant ($p=0,017$) voneinander unterscheiden. In der Gruppe U3 hingegen zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,707$). Betrachtet man lediglich die Spalte in der die Anzahl der Personen angeführt ist, deren Phasenwinkel im Bereich $4,5^\circ$ - 7° liegt, so ist auffallend, dass sowohl bei U1 als auch bei U3 die Anzahl der Männer gegenüber den Frauen überwiegt. Beim Messzeitpunkt U3 wies ein Patient einen höheren Phasenwinkel ($7,7^\circ$) als den hier im Trennbereich angegebenen Wert von 7° auf und wurde somit nicht mehr in die oben angeführte Kategorisierung aufgenommen (deshalb $n=18$).

4.2.5 Wasserbalance Berechnungen

Abbildung 14: Darstellung der Wasserbalance zu den 3 Untersuchungszeiträumen in Form von Histogrammen

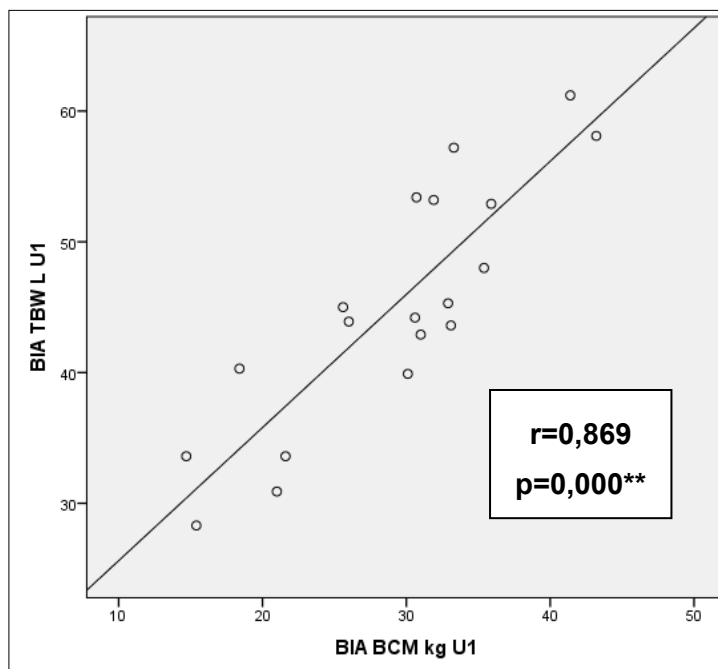


(Darstellung von Histogrammen mit Normalverteilungskurven)

Da die Wasserbalance eines der wichtigsten Instrumente zur Beurteilung von Veränderungen der Körperzusammensetzung darstellt, sollen die hier angeführten Histogramme (über den Mittelwert und die Standardabweichung hinaus) Einblicke in das exakte Streuungsausmaß der Werte gewährleisten. An den Medianen ersichtlich, konnten die Werte für die Wasserbalance im Mittel gesenkt werden (U1-U3). Auffallend hierbei ist jedoch, dass bei U3 die Wasserbalance einen erneuten Anstieg verzeichnete. Bei der Darstellung von U2 zeigt sich eine stark rechtsschiefe Verteilung der Werte, hervorgerufen durch Ausreißer mit Werten von bis zu 372.

Korrelation der Körperzellmasse mit dem Gesamtkörperwasser bei U1

Abbildung 15: Streudiagramm: Körperzellmasse und Gesamtkörperwasser bei U1 (n=19)



(r =Korrelationskoeffizient nach Pearson; ** Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant)

Das folgende Streudiagramm, welches in Abbildung 16 dargestellt ist, zeigt eine positive Korrelation mit $r=0,869$ ($p=0,000$) zwischen der Körperzellmasse und dem Gesamtkörperwasser beim Ersten Untersuchungszeitpunkt, das heißt unmittelbar nach dem erlittenen Trauma.

Korrelation des Trauma Score Parameters SAPS III mit der Wasserbalance

Tabelle 26: Korrelation von SAPSIII mit der Wasserbalance (n=19)

Korrelation von SAPSIII mit der Wasserbalance (WB) bei U1-U3		
SAPSIII zu WB 1	$r=0,561$	$p=0,013^*$
SAPSIII zu WB 2	$r=0,354$	$p=0,354$
SAPSIII zu WB 3	$r=0,430$	$p=0,430$

(r =Pearson Korrelationskoeffizient; * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant)

Tabelle 26 zeigt, dass eine signifikante Korrelation ($p=0,013$) zwischen SAPSIII und der Wasserbalance mit $r=0,561$ nur beim Ersten Messzeitpunkt (U1) zu erkennen ist, nicht aber bei den beiden anderen (U2/U3). Die Korrelation bei U1 lässt Grund zur Annahme, dass ein erhöhter Verletzungsgrad nach einem erlittenem Trauma, erhöhte Werte der Wasserbalance bedingt.

Tabelle 27: Regressionsanalytik SAPSIII und Wasserbalance

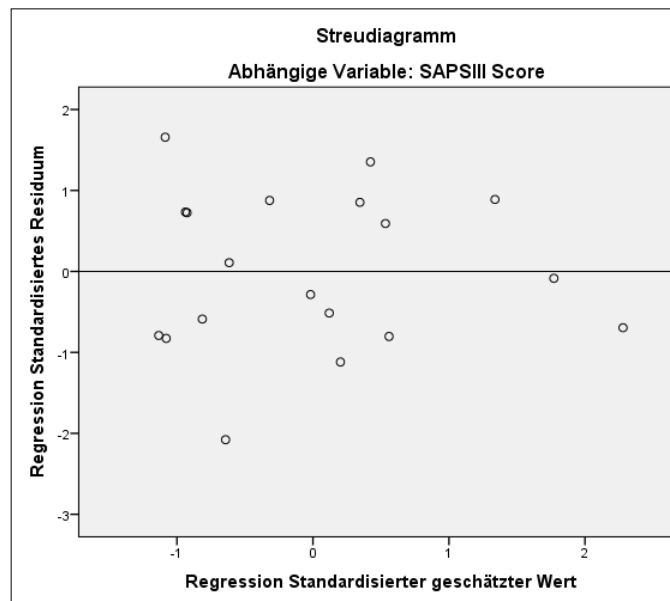
Regressionsgleichung	Bestimmtheitsmaß R^2
U1: $SAPSIII=40,660+0,045 \cdot WB1$	0,314
U2: $SAPSIII=43,948+0,027 \cdot WB2$	0,125
U3: $SAPSIII=42,451+0,045 \cdot WB3$	0,185

(*Korrelation ist auf dem Niveau von $p \leq 0,05$ signifikant)

Es wurde eine einfache lineare Regressionsanalyse (inkl. Regressionsgleichung) erstellt, um nähere Information über den Korrelationszusammenhang dieser beiden Parameter herauszufinden. Infolgedessen verfügt man auch über die Möglichkeit, den Wert einer abhängigen Variable (SAPSIII) aus einer unabhängigen Variable (Wasserbalance) vorherzusagen. Durch einen Wert der Wasserbalance von 110 (z.B.) erhält man einen SAPSIII Wert von 45,61. Dies zeigt erneut, dass ein schwerwiegender Verletzungsgrad bei einem erlittenen Trauma zu einer Erhöhung der Wasserbalance führt. Das Bestimmtheitsmaß R^2 (Anteil der erklärten Varianz) dient als Gütemaß bei der Anpassung von Regressionsfunktionen an empirische Daten. Auffallend ist, dass bei dem hier aufgestellten Beispiel (Tabelle 27) nur bei U1 ein Wert ($R^2 = 0,314$) in signifikantem Ausmaß ($p=0,013$) verzeichnet wird. Das Vorliegen einer Normalverteilung von Variablen, welches mit einem erhöhten Anteil der erklärten Varianz in Verbindung gebracht wird, kann bei (U1) beobachtet werden. Darüber hinaus konnte diese Annahme auch durch die Durchführung eines Kolmogorov-Smirnov Anpassungstests bestätigt werden.

Der in Abbildung 16 dargestellte Plot, stellt die standardisierten vorhergesagten Werte in Kombination mit den standardisierten Residuen dar. Dass bei U1 eine Normalverteilung der beiden Variablen vorliegt, kann durch die regelmäßige Streuung der einzelnen Werte um die 0-Linie gezeigt werden.

Abbildung 16: Streudiagramm SAPSIII mit der Wasserbalance : Prüfung auf Linearität (U1)

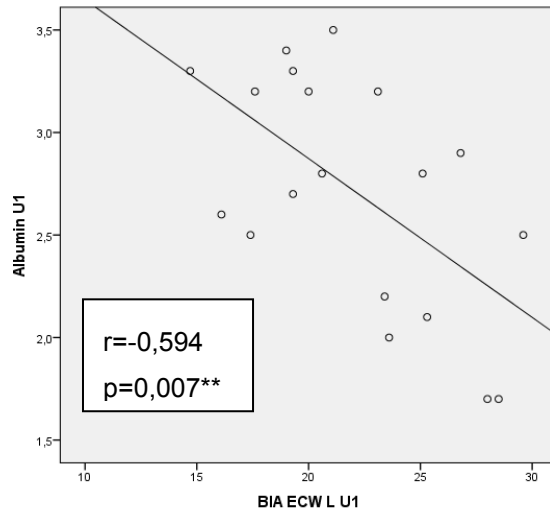


4.2.6 Korrelationsberechnungen der Laborparameter

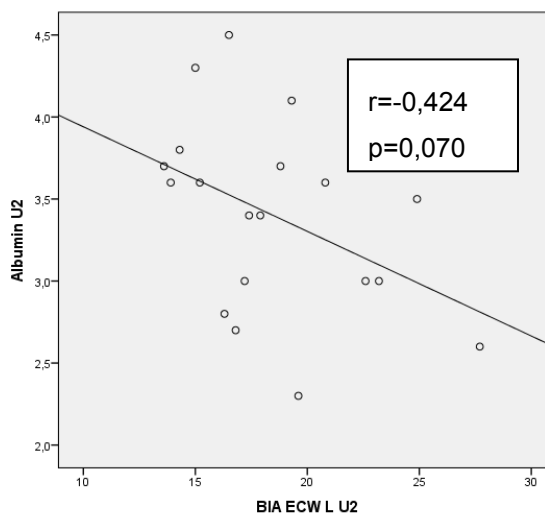
Korrelation von Albumin mit dem extrazellulären Wasser

Die im posttraumatischen Stoffwechsel zu erwartende Verringerung des Anteils an Albumin im Serum mit einer einhergehenden Erhöhung von extrazellulärem Wasser (Ödeme), kann sowohl bei U1 in höchst signifikantem Ausmaß ($p=0,007$) gezeigt werden, als auch bei U3 mit einer Signifikanz von $p=0,045$.

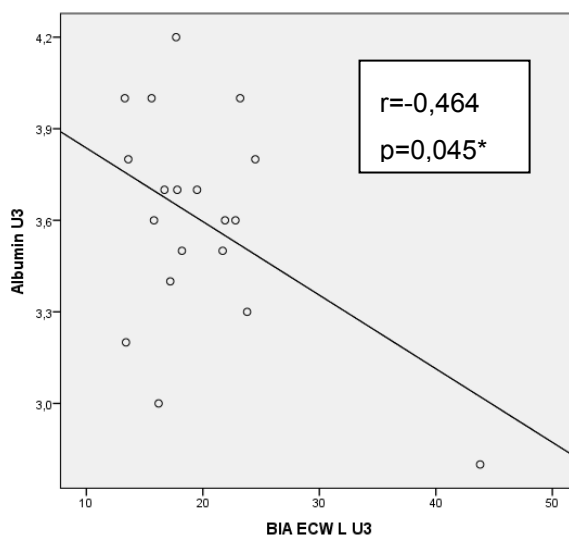
Abbildung 17: Streudiagramm: Extrazelluläres Wasser und Albumin



Regressionsgleichung U1:
 $\text{Albumin} = 4,422 - 0,077 \cdot \text{ECW}$
 $R^2 = 0,353$



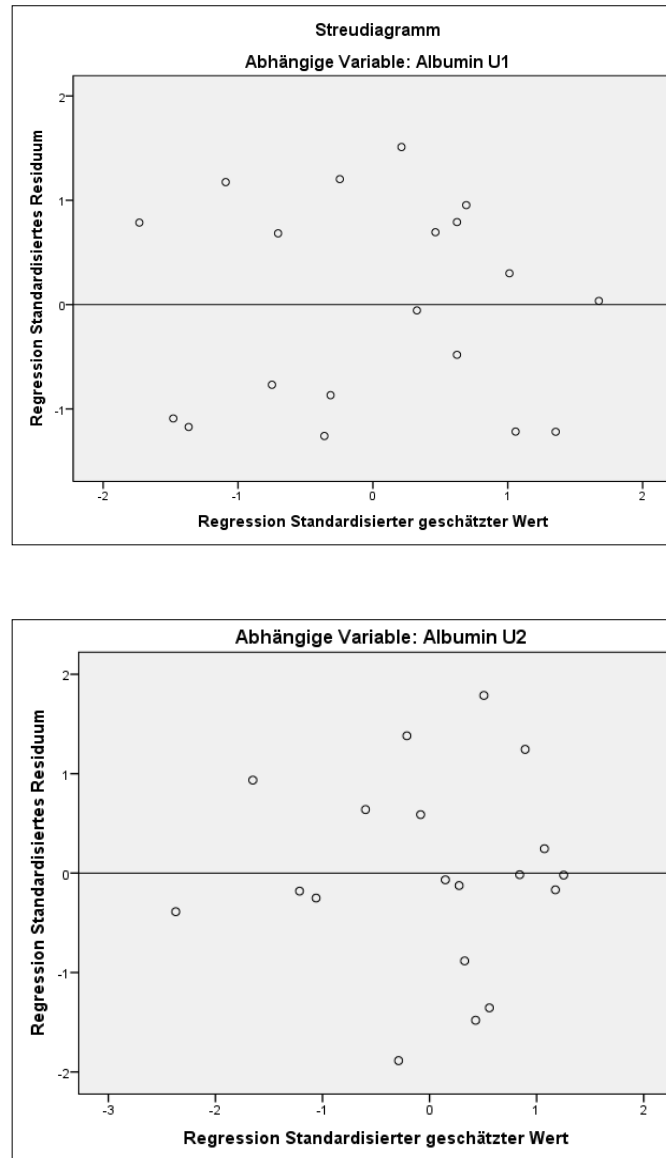
Regressionsgleichung U2:
 $\text{Albumin} = 4,578 - 0,064 \cdot \text{ECW}$
 $R^2 = 0,180$

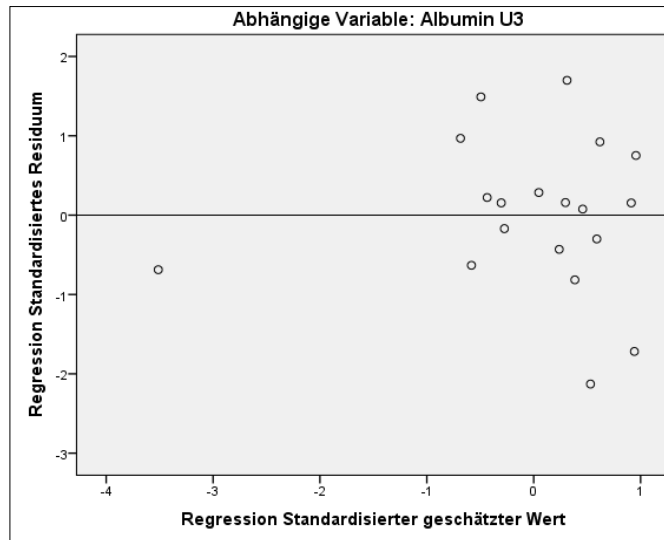


Regressionsgleichung U3:
 $\text{Albumin} = 4,078 - 0,024 \cdot \text{ECW}$
 $R^2 = 0,216$

(r =Pearson Korrelationskoeffizient; * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant; ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant)

Abbildung 18: Streudiagramme Albumin und extrazelluläres Wasser : Prüfung auf Linearität (U1-U3)

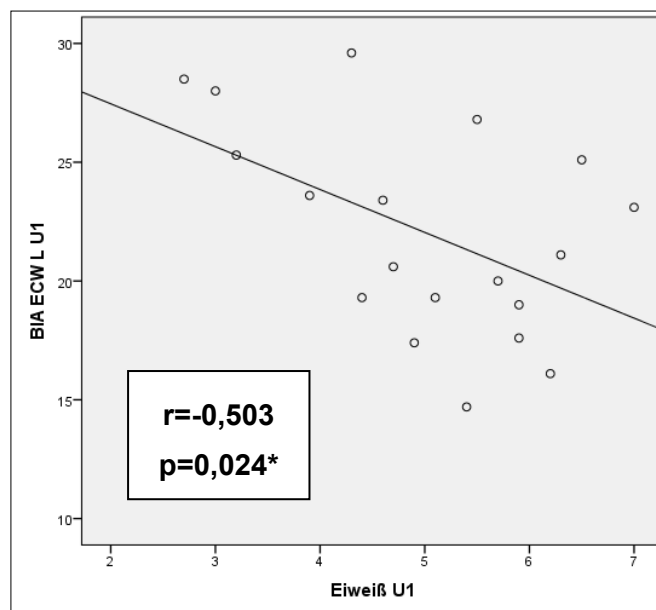




Die hier angeführten Plots, stellen die standardisierten vorhergesagten Werte in Kombination mit den standardisierten Residuen dar. Es kann daraus entnommen werden, dass die dargestellten Zusammenhänge bei keinem der 3 Messzeitpunkte Linearität aufweisen.

Korrelation vom Gesamteiweiß mit dem Extrazellulären Wasser bei U1

Abbildung 19: Streudiagramm: Extrazelluläres Wasser und Gesamteiweiß (n=19)



(r=Korrelationskoeffizient nach Pearson; *Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant)

Die in der Literatur beschriebene Erniedrigung des Gesamteiweißgehaltes im Serum mit einhergehender Überwässerung des Extrazellulärspaces im Zuge eines Postaggressionsstoffwechsels, konnten auch in der hier angeführten Korrelationsberechnung gezeigt werden ($r=-0,503$; $p<0.05$).

4.2.7 Diverse Korrelationsberechnungen

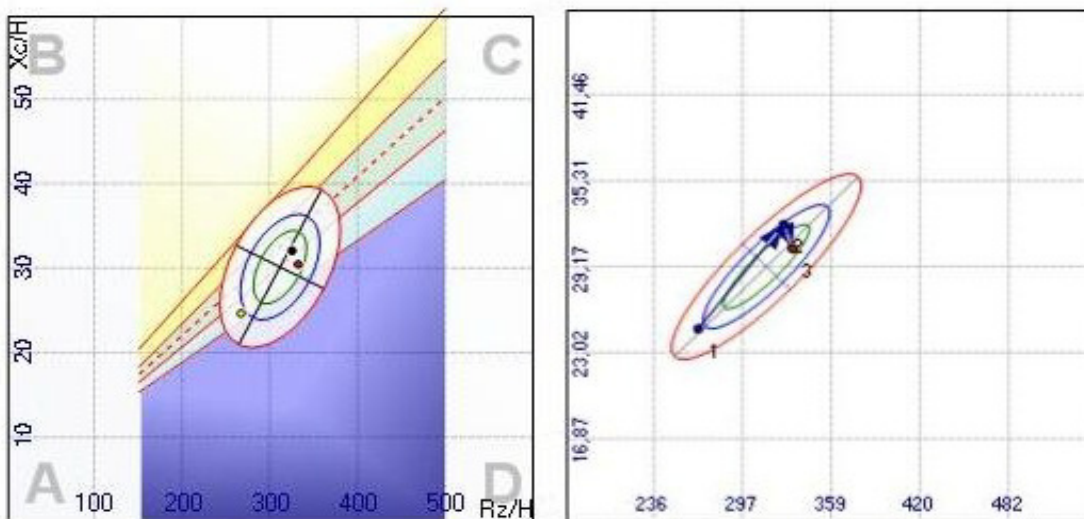
Tabelle 28: Diverse Korrelationsberechnungen (n=19)

Korrelation des Gesamtkörperwassers mit der fettfreien Masse (U1-U3)		
TBW U1 zu FFM U1	$r=0,973$	$p=0,000^{**}$
TBW U2 zu FFM U2	$r=0,972$	$p=0,000^{**}$
TBW U3 zu FFM U3	$r=0,964$	$p=0,000^{**}$
Korrelation der Wasserbalance mit ECM/BCM Ratio (U1-U3)		
WB U1 zu ECM/BCM Ratio U1	$r=0,778$	$p=0,000^{**}$
WB U2 zu ECM/BCM Ratio U2	$r=0,932$	$p=0,000^{**}$
WB U3 zu ECM/BCM Ratio U3	$r=0,726$	$p=0,000^{**}$
Korrelation des Körpergewichtes mit der Resistanz (U1-U3)		
KG U1 zu Resistanz U1	$r=-0,649$	$p=0,003^{**}$
KG U2 zu Resistanz U2	$r=-0,497$	$p=0,030^{*}$
KG U3 zu Resistanz U3	$r=-0,398$	$p=0,091$
Korrelation der Resistanz mit dem Gesamtkörperwasser (U1-U3)		
Resistenz U1 zu TBW U1	$r=-0,874$	$p=0,000^{**}$
Resistenz U2 zu TBW U2	$r=-0,859$	$p=0,000^{**}$
Resistenz U3 zu TBW U3	$r=-0,920$	$p=0,000^{**}$

(r =Pearson Korrelationskoeffizient; * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant; ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant)

4.2.8 Nomogramm Auswertung für den Zeitraum U1-U3 (Durchschnittswerte)

Abbildung 20: Darstellung der Messungen (Durchschnittswerte) aller Patienten zu den 3 unterschiedlichen Messzeitpunkten



[modifiziert nach BODY Comp. Version 9; Firma AENGUS GesmbH]

Wie bereits im Kapitel 3.6.5 explizit dargelegt, werden in den hier ersichtlichen Nomogrammen alle Daten der 19 Patienten zu den 3 unterschiedlichen Messzeitpunkten (in Form von Durchschnittswerten) angegeben, wobei das auf der linken Seite angeführte Nomogramm als Hauptinterpretationsquelle dient und das zweite Nomogramm (rechts) die Ellipsen darstellt, welche von der Software eigens für das untersuchte Patientenkollektiv erstellt wurden (inkl. Nummerierung). Betrachtet man die Messergebnisse bei U1 (im Nomogramm links als gelber Punkt und im Nomogramm rechts mit der Ziffer 1 dargestellt) hinsichtlich des Hydrationszustandes der Patienten, so kann aufgrund der Lage des Punktes in der 95%Perzentile davon ausgegangen werden, dass möglicherweise Hyperhydrationen des Organismus bei den untersuchten Patienten aufgetreten sind (Postaggressionsstoffwechsel). Auffallend bei Betrachtung des Untersuchungszeitraumes U2 (mit Ziffer 2 und rotem Punkt dargestellt) ist, dass die Werte im Vergleich zu U1 bereits im Bereich der 50% Perzentile liegen, nahe der Mittel-Linie (Normbereich). Durch die Verlagerung

des Wertes in den oberen Bereich des Nomogramms, konnte eine Optimierung der Phasenwinkel Werte und des allgemeinen Hydrationszustandes verzeichnet werden. Der dritte Untersuchungszeitraum U3 (mit Ziffer 3 und rotem Punkt dargestellt) verlagerte sich wider Erwarten auf die rechte Seite des Nomogramms. Dies weist auf eine Abnahme des Phasenwinkels mit einer einhergehenden Abnahme der Körperzellmasse (Muskelmasse) hin. Die Darstellung der Messwerte in Nomogrammen kann bei der ersten Betrachtung als abstrakt bezeichnet werden, da die Ergebnisse als weniger eingängig erscheinen im Vergleich mit der Angabe der Körperzellmasse oder der fettfreien Masse in kg. Gerade aber im klinischen Bereich kann diese Darstellungsform optimal sein, um Veränderungen des Ernährungs- bzw. Hydrationszustandes, welche sehr oft in Kombination auftreten, gemeinsam darzustellen.

5 DISKUSSION

Folgendes Kapitel dient der Diskussion der Ergebnisse (Kapitel 4) mit dem Ziel, etwaige Veränderungen der Körperzusammensetzung von traumatologischen Intensivpatienten zu beleuchten.

Die **fettfreie Masse**, welche sich aus der Körperzellmasse und der extrazellulären Masse zusammensetzt, stellt ein wichtiges Interpretationsinstrumentarium dar. Eine signifikante Abnahme der fettfreien Masse über den gesamten Untersuchungszeitraum zeigt sich vor allem in der Gruppe der Männer. Ein Parameter der fettfreien Masse, an dem man eine Veränderung der Zusammensetzung des Körpers sehr gut erkennt, ist die **Körperzellmasse** (BCM). Einhergehend mit dem Vorliegen eines schweren Traumas (Intensivpatient), wird in der Literatur ein verstärkter Abbau von körpereigenen Eiweißreserven (Stressmetabolismus) diskutiert, welcher in weiterer Folge zu einem Verlust der Gesamtkörperzellmasse führen kann. [HACKL, 2004] Vor allem in den ersten 5 Tagen nach einem erlittenen Trauma stammen ungefähr 70% des kompletten Proteins, welches abgebaut wird, aus der Skelettmuskulatur. [LINDSAY et al., 2000] Die Berechnungen der Körperzellmasse in dieser Arbeit zeigten einen kontinuierlichen Abbau über den gesamten Untersuchungszeitraum. Vor allem in der Gruppe der Männer kann ausgehend vom ersten Untersuchungszeitpunkt (U1) mit $33,31\text{kg} \pm 4,87$ (MW $\pm$ St.abw.) bis hin zum Entlassungszeitpunkt (U3) mit $27,70\text{kg} \pm 5,41$ (MW $\pm$ St.abw.) ein signifikanter Abbau ($p=0,000$) der Körperzellmasse von 16,84 % Verlust (U1-U3) verzeichnet werden. Im Abgleich dazu konnte die sooft in der Literatur beschriebene Erhöhung der extrazellulären Masse in den ersten Tagen nach einem erlittenen Trauma beobachtet werden, hervorgerufen durch einen Abbau der Körperzellmasse mit einhergehendem Entstehen endogener Wassereinlagerungen. [Hill et al., 1993] Tatsache ist, dass für ein gesundes Personenkollektiv Werte für die extrazelluläre Masse angegeben werden, welche sich auf ungefähr 30% des Körpergewichtes belaufen. [ELMADFA und LEITZMANN, 2004] Unter Hinzuziehen des aktuellen Körpergewichtes der Patienten, beläuft sich eine Berechnung der extrazellulären Masse (als Wert der

ungefähr 30% des Körpergewichtes ausmacht) auf einen Wert von 24,50kg (U1) bei den Männern und von 21,3kg (U1) bei den Frauen. Vergleicht man diese Zahlen mit den errechneten Angaben der extrazellulären Masse bei U1 (Männer-MW: 33,62kg; Frauen-MW: 28,60kg), so sind die mittels BIA errechneten Werte im Vergleich deutlich erhöht. Dies deutet auf eine Expansion der Extrazellulärmasse im posttraumatischen Stoffwechsel hin, infolge eines Verlustes der Körperzellmasse. Bis hin zum Zeitpunkt U3 konnte sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern (in signifikantem Ausmaß) eine Abnahme der extrazellulären Masse verzeichnet werden.

Viel aussagekräftiger in diesem Kontext ist aber das **ECM/BCM Ratio**, das heißt das Verhältnis der extrazellulären Masse zur Körperzellmasse. Dieses Ratio wird sowohl als früher Marker bei auftretenden katabolen Stoffwechsellagen eingesetzt, als auch als Maß bei der Diagnose von Hydrationsstörungen. Wenn man grundsätzlich davon ausgeht, dass bei einem gesunden Personenkollektiv Werte des ECM/BCM Ratios von 0,8-1 angegeben werden, liegen die Durchschnittsberechnungen des Ratios bei U1 mit 1,16, bei U2 mit 1,12 und bei U3 mit 1,17 nicht im stark abnormen Bereich. [JUNG, 2002] Als ein Grund für die signifikante Zunahme ($p=0,016$) des ECM/BCM Ratios in der Gruppe der Männer von U1 bis U3 (nämlich im speziellen zwischen den beiden letzten Untersuchungszeitpunkten (U2/U3)), kann die Abnahme der Körperzellmasse bei gleichzeitig stagnierenden, erhöhten Werten der extrazellulären Masse genannt werden. Oftmals wird bei Trauma Patienten eine Erhöhung des ECM/BCM Ratios verzeichnet, welches ein Merkmal eines schlechten Zellstatus sein kann. Ist der Zellzustand beeinträchtigt, so ist auch deren Hydrationszustand in Mitleidenschaft gezogen. Diese Tatsache resultiert sehr oft in einer Anhäufung von Flüssigkeit außerhalb der Zellen, also im extrazellulären Raum. Insbesondere bei U3 zeigen Auswertungen einen Wert des ECM/BCM Ratios im Mittel von 1,17 (geschlechterunspezifisch). Eine Erklärung hierfür kann der etwas geringe Anteil (%) der Körperzellmasse an der fettfreien Masse sein, welcher für den Zeitpunkt U3 mit einem Durchschnittswert von 46,84% für das gesamte Patientenkollektiv ($n=19$) errechnet wurde. Die Tatsache, dass eine Expansion der extrazellulären Flüssigkeit mit einer

Abnahme der Körperzellmasse einhergeht, stimmt mit den Ergebnissen dieser Arbeit für das **extrazelluläre Wasser** überein. Die Ergebnisse zeigten, dass sich das extrazelluläre Wasser zwischen den beiden letzten Untersuchungszeitpunkten U2 und U3 in einem signifikantem Ausmaß erhöhte sowohl bei den Männern ($p=0,024$) als auch bei den Frauen ($p=0,000$).

Als sinnvolle Interpretationsgrundlage neben dem ECM/BCM Ratio findet der Phasenwinkel zunehmende Bedeutung. Der **Phasenwinkel**, welcher das Verhältnis zwischen Resistanz und Reaktanz beschreibt, korreliert eng mit der Körperzellmasse (da in dessen Berechnung inkludiert). Diesen Sachverhalt konnte man auch in dieser Arbeit zeigen mit Korrelationen von $r=0,994$ (U1), $r=0,883$ (U2) und $r=0,862$ (U3) ($p=0,000$). Ein Vorteil den man dem Phasenwinkel zuspricht, ist die Tatsache, dass für dessen Berechnung als reiner Messparameter keine Formeln bzw. weitere Komponenten (Körpergröße, Körpergewicht oder Konstanten) verwendet werden müssen. Aufgrund dessen kann der Phasenwinkel bei einem kranken Patientenkollektiv als aussagekräftiger Parameter eingesetzt werden, welcher nicht durch etwaige Einflussfaktoren (z.B. Formeln, welche an gesunden Personenkollektiven validiert werden) verfälscht werden kann. [PIRLICH und NORMAN, 2011] Im Hinblick auf die Auswertungen in dieser Arbeit lagen die Durchschnittswerte des Phasenwinkels bei U1 mit $5,34^\circ$ und bei U3 mit $5,30^\circ$ nicht sonderlich im abnormen Bereich, wenn man bedenkt, dass es sich bei U1 um Messungen im Akutstadium eines erlittenen Traumas handelt. Jedoch konnte bei der geschlechterspezifischen Auswertung gezeigt werden, dass der Phasenwinkel bei den Frauen im Durchschnitt über den gesamten Untersuchungszeitraum hindurch nur bei $4,6^\circ$ lag und bei den Männern sogar zwischen den letzten Untersuchungszeiträumen eine signifikante Abnahme ($p=0,010$) bis zu einem Phasenwinkel Wert von $5,63^\circ$ verzeichnet werden konnte. Trennwert Berechnungen mit dem Ziel Phasenwinkel Klassen zu erhalten, ergaben, dass sich bei U1 in der Gruppe Phasenwinkel $\leq 4,5^\circ$ mehr Frauen befanden als Männer ($p=0,017$). Bis hin zum letzten Messzeitpunkt konnte keine signifikante Unterscheidung der Geschlechter bezüglich der Verteilung in den Klassen mehr beobachtet werden, da sich die Phasenwinkel Werte bis dahin schon

weitgehend stabilisierten. In Anlehnung an die Tatsache, dass der Phasenwinkel die unterschiedlichen Phasen eines Erkrankungszustandes (Trauma) reflektiert und als sogenannter Vitalitätsparameter gilt, können die über den gesamten Untersuchungszeitraum stagnierenden, eher geringen Werte des Phasenwinkels durch den vorliegenden Gesundheitszustand erklärt werden. [CUPTA et al., 2004]

Anhand der errechneten Werte des Phasenwinkels konnte mit dem ECM/BCM Ratio eine neg. Korrelation von $r=-0,970$ (U1), $r=-0,926$ (U2) und $r=-0,966$ (U3) in signifikantem Ausmaß ($p=0,000$) errechnet werden, welche den Zusammenhang zwischen dem Phasenwinkel und der Körperzellmasse reflektieren soll. Das heißt, je niedriger die Phasenwinkel Werte sind, desto höher sind die Werte für das ECM/BCM Ratio. Bereits im Jahre 1997 konnte von SELBERG et al. in dessen Publikation vorgebracht werden, dass ein Zusammenhang zwischen dem ECM/BCM Ratio und dem Phasenwinkel besteht.

Um Aussagen bezüglich des Hydrationszustandes eines Patienten zu tätigen, wurden Parameter wie das **Gesamtkörperwasser**, das extrazelluläre Wasser und die **Wasserbalance** mittels einer Bioimpedanzmessung ermittelt. Hingegen der Aussage von WEIMANN et al. (1999), in der BIA-Messungen nicht geeignet sein sollen zur Ermittlung extremer Flüssigkeitseinlagerungen und -verschiebungen bei einem kranken Patientenkollektiv, konnte es in dieser vorgelegten Arbeit mit Hilfe der Berechnung einer „Hydration Linked Software“ möglich gemacht werden, den Hydrierungsgrad der fettfreien Masse auch bei Patienten mit einem abweichenden Hydrationsstatus zu ermitteln. Der Zusammenhang der fettfreien Masse mit dem Gesamtkörperwasser wird in einer Korrelationsberechnung mit einem Korrelationskoeffizienten (r) im Durchschnitt von $>0,9$ bei allen 3 Untersuchungszeiträumen demonstriert. Die Software machte es möglich, den Gesamtkörperflüssigkeitsgehalt der Patienten trotz bereits eingesetztem Postaggressionsstoffwechsel zu eruieren. Es konnte eine Korrelation des Gesamtkörperwassers mit der Körperzellmasse von $r=0,869$ ($p=0,000$) hervorgebracht werden, da in diesem Stadium des Traumas noch keine starke Abnahme der Körperzellmasse verzeichnet werden konnte.

In Anlehnung an JACOBS (1996), welcher den Zusammenhang einer Änderung der Impedanz (Resistanz Werte) mit darauffolgender Veränderung des Gesamtkörperwassers beschreibt, konnte in dieser vorgelegten Arbeit bei der ersten Untersuchung (U1) des Patientenkollektivs eine deutliche Erhöhung des Gesamtkörperwassers sowohl bei Männern als auch bei Frauen ermittelt werden. Diese deutlich erhöhten Werte des Gesamtkörperwassers bei U1 gehen einher mit den Auswertungen der Resistanz Werte, welche im Bereich von <450 Ohm auf einen erhöhten Wassergehalt im Organismus hinweisen. [BOSY-WESTPHAL et al., 2006] Die Werte für das Gesamtkörperwasser in dieser Arbeit zeigen einen statistischen Zusammenhang mit dem resistiven Widerstand (Reaktanz), welcher mit Korrelationen zwischen den beiden Parametern von $r=-0,874$ (U1), $r=-0,859$ (U2) und $r=-0,920$ (U3) in signifikantem Ausmaß ($p=0,000$) beschrieben werden kann.

Als ein zusätzlicher bedeutungsvoller Parameter zur Beurteilung des Hydrationsstatus der Patienten kann die Wasserbalance eingesetzt werden. Die Wasserbalance stellt die Perzentilen der Verhältnisse des extrazellulären Wassers zur ermittelten Körperzellmasse dar. Klar ersichtlich in den Auswertungen ist die Erhöhung der Wasserbalance beim Ersten Messzeitpunkt (U1) mit Werten über 100 (Mittelwert: 100,7). Den Hintergrund hierfür liefert die in verstärktem Ausmaße ablaufende Aktivierung des „Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems“ und der damit einhergehenden verstärkten Retention von Natrium und Wasser. Darüber hinaus kann als Ursache, die in gesteigerter Intensität durchgeführte Applikation von Infusionslösungen (zum Ausgleich des Volumens im Organismus nach erlittenem Trauma) genannt werden. [THEWS et al., 1999] Auffallend ist die anfängliche Abnahme der Wasserbalance Werte vom ersten Messzeitpunkt (MW:100,7) bis zum Zweiten (MW:44,91), wohingegen bis zum Entlassungszeitpunkt (U3) eine Zunahme der Wasserbalance Werte (Mittelwert: 60,77) verzeichnet wurde. Hierbei ist zu erwähnen, dass bei der Gruppe der Frauen eine stetige Abnahme der Werte (U1-U3) zu beobachten ist, lediglich bei den Männern deuten die Werte bei den beiden letzten Untersuchungszeiträumen auf eine erneute Steigung hin. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte der Versuch einer Flüssigkeitsbalancierung

nach einer posttraumatisch intensiv durchgeführten Infusionstherapie sein (U1) bzw. das Vorliegen einer Besserung des Allgemeinzustandes der Patienten. Es wäre denkbar, dass eine nicht in ausreichendem Ausmaße durchgeführte Mobilisierung des Patienten zu einer Erhöhung der Wasserbalance Werte (Ausbildung von Ödemen) führte, vor allem im Zeitraum des Aufenthaltes der Patienten auf der Normalstation bis hin zur Entlassung. Eine Normalisierung der Werte, welche einen Wasserbalance Wert im Mittel um 0 ($\pm$ Streuung) hervorbringen müsste, konnte bis zum Entlassungszeitpunkt nicht verzeichnet werden.

Hinsichtlich der Tatsache, dass neben zahlreichen anderen Parametern auch Score Parameter (allgemeine Schweregradklassifikationen) eines Traumas in die Auswertung der hier vorgelegten Arbeit mit aufgenommen wurden, konnte eine Korrelation des Score Parameters SAPSIII (*Simplified Acute Physiology Score*) mit der Wasserbalance von $r=0,561$ ($p=0,013$) bei U1 berechnet werden. Anhand dieser Auswertung kann vorgebracht werden, dass höhere Werte des Score Parameters SAPSIII (und damit einhergehend ein erhöhter Verletzungsgrad des Patienten) in demselben Maße höhere Werte der Wasserbalance bedingen.

Ein erniedrigter **Albumin** Status im Serum muss nicht zwangsläufig mit einem Eiweißmangel korrelieren. Klinische Situationen, bedingt durch erniedrigte Albumin Werte, gehen dennoch einher mit einem erhöhten Risiko für eine katabole Stoffwechsellage. [PIRLICH und NORMAN, 2011] Wie bereits von HARTL und RITTLER (2002) beschrieben, kann nach den ersten 12 Stunden nach einem erlittenen Trauma ein Abfall des Albumins im Serum verzeichnet werden, welcher genau genommen auf eine Verschiebung dieses Proteins in extravasale Kompartimente zurückzuführen ist. Bei eventuellem Vorliegen von Wasseransammlungen im Gewebe (Ödeme), können die Werte von Serumalbumin erniedrigt sein. Folgender Zusammenhang wurde in einer Korrelationsberechnung der Parameter des extrazellulären Wassers und des Albumins gezeigt. Es ergab sich eine Korrelation von $r=-0,594$ bei U1 in signifikantem Ausmaß ($p=0,007$). Bis zum Entlassungszeitpunkt (U3) stagnierte diese Korrelation ($r=-0,464$), da sich die Werte für Serumalbumin beim

Entlassungszeitpunkt sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen wieder im Referenzbereich befanden.

Parallel zu dem Rückgang des Serumalbumins im Zuge des Stressmetabolismus, kann durch sekundär aktivierte immunologische Mechanismen eine Steigung der Akutphasenproteine wie des **C-reaktiven Proteins**, hervorgerufen werden. Im Abgleich dazu wurde in dieser Arbeit beim Untersuchungszeitraum U1 ein CRP im Bereich von 10,21 mg/dl (Mittelwert) verzeichnet, welcher mit dem von MUELLER (2007) beschriebenen Bereich im Akutstadium eines Traumas, übereinstimmt. Beim Entlassungszeitpunkt U3 belief sich der Wert lediglich auf 1,23 mg/dl.

Die Arbeitsgruppe rund um WILHELM beschrieb im Jahre 2011 die Zusammenhänge des **Gesamteiweißes** mit der extrazellulären Masse. Deren Ergebnisse zeigten eine Erniedrigung des Gesamteiweißes mit einer einhergehenden Überwässerung des Extrazellulärtraumes in der Akutphase eines Traumas. Die Korrelationsberechnungen, welche man in dieser Arbeit durchführte, können diese These ausnahmslos untermauern. Eine Korrelation von $r=-0,503$ ($p=0,024$) bei U1 zeigte, dass je höher die Werte des extrazellulären Wassers bei U1 waren, umso niedriger belief sich die Gesamteiweiß Rate im Serum.

Berechnungen des **Körpergewichtes** zeigten, dass bei den Männern eine Abnahme über den gesamten Untersuchungszeitraum (U1-U3) von ungefähr 12kg stattfand (entspricht einer Abnahme von 14,71% vom Ausgangsgewicht), hingegen waren es bei den Frauen lediglich 5kg (entspricht einer Abnahme von 7,59% vom Ausgangsgewicht). Das Ziel der Arbeitsgruppe rund um ROOS (1993) war es, Gewichtsveränderungen bei kritisch-kranken Patienten (beeinflusst durch Körperflüssigkeitsimbilanzen) durch Impedanzmessungen zu ermitteln. ROOS und seine Mitarbeiter kamen zu dem Schluss, dass bei starken Gewichtsveränderungen aufgrund von Flüssigkeitsimbilanzen im Organismus, eine negative Korrelation zwischen der Veränderung von Gewicht und den Resistanz Werten besteht. Dies konnte auch in den Auswertungen der hier vorgelegten Arbeit gezeigt werden, mit einer Korrelation der beiden Parameter zum Ersten Messzeitpunkt von $r=-0,649$ ($p=0,003$), welche sich bis

hin zum Entlassungszeitpunkt (U3) fast um die Hälfte reduzierte ($r=-0,398$). Höchste Vorsicht sollte geboten sein, im Falle der Verwendung des Körpergewichtes als Interpretationsgrundlage um Veränderungen der Körperzusammensetzung im speziellen bei Trauma Patienten vorzubringen. Eine posttraumatisch durchgeführte Infusionstherapie, vor allem im Akutstadium eines Traumas, kann eine Gewichtsberechnung sehr stark beeinflussen und es können starke Gewichts differenzen entstehen.

Ähnliches gilt auch bei den Berechnungen des **Body Mass Index**. Als Folge eines SIRS können kapillare Schrankenstörungen mit einhergehenden Veränderungen des Wasserhaushaltes entstehen. Die dabei entstehenden Gewichtsveränderungen reflektieren somit nicht mehr den Ernährungszustand, sondern lediglich die Schwankungen der Hydration. Dahingehend sollte der Body Mass Index bei kritisch kranken Patienten nicht als Instrument bei Verlaufsbeobachtungen zur Beurteilung der Körperzusammensetzung herangezogen werden. [VOLKERT, 2006]

Die Fettmasse zeigte über den gesamten Untersuchungszeitraum (U1-U3) hindurch nicht wirklich erhebliche Veränderungen. Als aussagekräftiger Parameter bei der Beurteilung der Veränderung der Körperzusammensetzung eines kritisch-kranken Patientenkollektivs sollte sie aufgrund folgender Tatsache jedoch nicht eingesetzt werden: Durch die enormen Schwankungen der fettfreien Masse (extrazelluläre Masse und Körperzellmasse) im Akutstadium eines Traumas, gleicht sich die Fettmasse in Form einer Expansion des Fettmasseanteiles an. [THIBAULT und PICHARD, 2012] Resultierend daraus, können Ergebnisse für die Fettmasse nicht als valide betrachtet werden.

6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Besonderes Interesse bei der Auswertung dieser Masterarbeit galt der Beobachtung der Veränderung der Körperzusammensetzung von traumatologischen Intensivpatienten während eines definierten Zeitraumes.

In die Auswertung wurden 19 Personen aufgenommen, von denen 12 Teilnehmer männlich (Durchschnittsalter: 42 Jahre) und 7 weiblich (Durchschnittsalter: 68 Jahre) waren. Der gesamte Untersuchungszeitraum unterteilte sich in drei Phasen (U1-U3), entsprechend der unterschiedlichen Auswirkung von posttraumatischem Stress auf den menschlichen Organismus. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer des Patientenkollektivs im Krankenhaus lag bei 35 Tagen. Die in diesem Zeitraum durchgeführten Messungen brachten Ergebnisse vor, auf die im Folgenden genauer eingegangen wird.

Geschlechterspezifische Körpergewichtsberechnungen zeigten während des gesamten Untersuchungszeitraumes eine Abnahme des Körpergewichtes bei den Männern von rund 12kg (entspricht einer Abnahme von 14,71% vom Ausgangsgewicht) und bei den Frauen von 5kg Körpergewicht (entspricht einer Abnahme von 7,59% vom Ausgangsgewicht). In einem Großteil der zu diesem Thema publizierten Literatur wird eine Flüssigkeitsimbalance (im Zuge des Postaggressionsstoffwechsels) als Störfaktor bei der Beurteilung eines exakten Körpergewichtes genannt. Hinsichtlich der verbreiteten Meinung, dass eine genauere Interpretation der Ergebnisse des Körpergewichtes durch das Hinzuziehen des Bioimpedanz-Parameters Resistanz (entspricht dem Ohmschen Widerstand zur Ermittlung des Körperwassers) möglich ist, wurden Korrelationsberechnungen mit den beiden Parametern durchgeführt. Vor allem bei U1 (Akutstadium des Traumas) zeigten sich Korrelationen der beiden Parameter in signifikantem Ausmaß. Dies bestätigt den starken Einfluss von Flüssigkeitsimbilanzen auf das Körpergewicht.

Auswertungen in Hinblick auf die fettfreie Masse brachten vor, dass ein Verlust der Körperzellmasse während der ersten beiden Untersuchungszeiträume (U1/U2) stattfand, erklärbar durch den Abbau der Proteinreserven vor allem aus der Skelettmuskulatur. Signifikante Abbauraten der Körperzellmasse wurden im speziellen in der Gruppe der Männer beobachtet (zurückführbar auf einen

relativ starken Verlust der fettfreien Masse über den gesamten Untersuchungszeitraum). Die simultane Erhöhung der Werte der extrazellulären Masse im Akutstadium eines erlittenen Traumas (U1), ist vermutlich auf eine Expansion der extrazellulären Masse bei gleichzeitiger Verringerung der Körperzellmasse zu erklären. Um sich ein Bild über das Ausmaß der Körperzellmasse zum Entlassungszeitpunkt des Patientenkollektivs zu machen, wurde der Anteil der Körperzellmasse an der fettfreien Masse bei U3 ermittelt, welcher für die Gruppe der Männer bei 48,63% und für die Gruppe der Frauen bei 43,77% lag. Die Referenzwerte der Körperzellmasse (in %) werden für ein gesundes Personenkollektiv für Männer von 53-60% und bei Frauen von 51-58% (mit einem normalen Ernährungsstatus) angegeben. Vergleicht man folglich die errechneten Werte zu U3 mit den Referenzwerten, so liegen diese zwar deutlich unter der angegebenen Referenz, unter Anbetracht der traumatologischen Einflussfaktoren (Krankheitsgeschichte) aber nicht im stark abnormen Bereich.

Darüber hinaus wurden Auswertungen des ECM/BCM Ratios, welches das Verhältnis der extrazellulären Masse zur Körperzellmasse darstellt und somit in einem Wert Aufschluss über den Anteil der beiden Kompartimente an der fettfreien Masse bietet, getätigt. Durchschnittswerte des ECM/BCM Ratios von $1,17 \pm 0,30$ (MW $\pm$ Standardabweichung) beim Untersuchungszeitpunkt U3 zeigen, dass sich die Verteilung der extrazellulären Masse und der Körperzellmasse in der fettfreien Masse weitgehend stabilisierte.

Als Ergänzung zum ECM/BCM Ratio kann auch der Phasenwinkel, ein direkter Messparameter der Bioimpedanzanalyse, als Interpretationsgrundlage dienen. Der Phasenwinkel bietet eine aussagekräftige Beurteilungsgrundlage der Körperzellmasse, da er als Maß zur Charakterisierung der Zellgesundheit (Vitalitätsparameter) angesehen wird. Man konnte in den Auswertungen zwar eine kontinuierliche Abnahme der Phasenwinkel Werte von der Akutphase der traumatischen Belastung bis hin zum Entlassungszeitpunkt der Patienten erkennen, jedoch nahmen die Werte nie Formen an, welche als bedrohlich für die Patienten angesehen werden könnten. Lediglich bei den Frauen konnte ein Durchschnittswert des Phasenwinkels von $4,6^\circ$ über den gesamten

Untersuchungszeitraum hindurch nicht erhöht werden. Der durchaus starke Zusammenhang der Körperzellmasse mit dem Phasenwinkel (ist in der Berechnungsformel der Körperzellmasse inkludiert), äußert sich in Korrelationsberechnungen der beiden Parameter Phasenwinkel und ECM/BCM Ratio mit signifikanten Korrelationen ($p=0,000$) bei allen drei Messzeitpunkten.

Die Bioimpedanzanalyse schafft überdies die Voraussetzung, Informationen über den Hydrationszustand der fettfreien Masse zu erhalten. Die Bestimmung des aktuellen Hydrationsstatus der fettfreien Masse der Patienten in dieser Arbeit erfolgte auf der Grundlage eines statistischen Näherungsverfahrens („Hydration Linked Software“). Damit konnten Messergebnisse der fettfreien Masse mit abweichenden Hydrationsraten vom Normwert (73,2%) ermittelt werden. Mittlerweile ist bekannt, dass Resistanz Werte im Bereich <450 Ohm einen Hinweis liefern auf einen erhöhten Wassergehalt im Organismus. Dies konnte in Korrelationsberechnungen mit erhöhten Werten des Gesamtkörperwassers und erniedrigten Werten der Resistanz in signifikantem Ausmaß gezeigt werden.

Als mittlerweile unerlässliche Größe um den Hydrationszustand, genauer gesagt das Verhältnis von extrazellulärem Wasser zur Körperzellmasse zu ermitteln, wird der Parameter der Wasserbalance eingesetzt. Die Erhöhung des extrazellulären Wassers bedingt durch Mechanismen des Postaggressionsstoffwechsels bzw. aufgrund einer posttraumatisch intensiv durchgeführten Infusionstherapie, konnte an den erhöhten Wasserbalance Werten der Patienten beim Ersten Untersuchungszeitpunkt (MW: 100,7) erkannt werden. Auffallend bei den Wasserbalance Werten waren jedoch die Schwankungen im Intervall der beiden letzten Untersuchungszeiträume. Die zum Zeitpunkt U2 (MW: 44,91) erniedrigte Wasserbalance war gefolgt von einer erneuten Erhöhung der Werte zu U3 (MW:60,77). Größere Relevanz als Beurteilungsgröße kann vermutlich dem Durchschnittswert der Wasserbalance beim Zeitpunkt U3 zuteilwerden, denn eine Flüssigkeitsbilanzierung nach intensiv durchgeführter Infusionstherapie führte womöglich zu der Erniedrigung der Werte zwischen U1 und U2. Korrelationsberechnungen der Wasserbalance im Akutstadium der Verletzung (U1) mit dem Score Parameter SAPSIII

(*Simplified acute physiology Score*) konnten eine Korrelation in signifikantem Ausmaß herstellen. Die vorliegende Korrelation gibt Grund zur Annahme, dass ein erhöhter Verletzungsgrad der Patienten einhergeht mit erhöhten Werten der Wasserbalance.

Unabhängig von der Wasserbalance, zeigten Korrelationsberechnungen des extrazellulären Wassers bei U1, dass eine Expansion dieses Kompartimentes einhergeht mit erniedrigten Werten von Albumin im Serum (aufgrund der Verschiebung dieses Proteins in extravasale Kompartimente im posttraumatischen Stoffwechsel). Dasselbe Phänomen zeigten Berechnungen der extrazellulären Masse mit dem Parameter Gesamteiweiß beim ersten Untersuchungszeitpunkt. Bezugnehmend auf die Laborwerte von Serumalbumin, Gesamteiweiß und C-reaktivem Protein war bereits im Untersuchungszeitraum U2 ersichtlich, dass sich die Werte zu stabilisieren beginnen mit einer Stagnation der Werte im jeweiligen Referenzbereich bei U3.

Als Conclusio sollte festgehalten werden, dass in dieser hier vorgelegten Arbeit diverse Parameter der Bioimpedanzanalyse (in Kombination mit anderen katabolierrelevanten Parametern) aussagekräftige Information zur Veränderung der Körperzusammensetzung bei dem beschriebenen Patientenkollektiv liefern (auch in Abgleich mit derzeit vorliegenden Publikationen). Eine Gesamtbewertung der Ergebnisse erscheint schwierig, da viele Parameter gewissen Einflussfaktoren unterliegen und sie besser differenziert beurteilt werden sollten. Bei genauer Analysierung der für diese Arbeit relevanten Parameter, konnte im Verlauf des gesamten Untersuchungszeitraumes (U1-U3) bei einem Großteil der Ergebnisse keine stark positive Bilanz verzeichnet werden.

Mögliche Einflussfaktoren, welche im speziellen zur Abnahme von Muskelmasse beitragen, wurden zwar im Zuge dieser Studie nicht erhoben, sind aber von erheblicher Relevanz. Dazu zählen Faktoren wie die Immobilisation und die Ernährung des Patienten (Einfluss des Traumas, altersabhängige Faktoren, Ausfälle der Mahlzeiten durch medizinisch relevante Terminüberschneidungen). Unter Anbetracht des Patientenkollektivs in dieser

Studie sollte nicht unerwähnt bleiben, dass gerade Trauma Patienten während Ihres Aufenthaltes auf der Normalstation /Reha Klinik meist auf Grund der Anbringung von Fixateuren und Gipsverbänden in Ihrer Bewegungsausführung enorm eingeschränkt sind. Darüber hinaus werden gerade bei diesem Patientenkollektiv oftmals Indikationen zu völliger Bewegungseinschränkung vollzogen, welche unweigerlich die Degeneration der Muskelmasse beeinflussen.

Neben der Immobilisation, gibt es einige Umstände in Punkto Ernährung, welche auf das Outcome in Bezug auf die Abnahme der Muskelmasse auch einen erheblichen Einfluss nehmen können. Hierbei sollte die Wichtigkeit einer adäquaten Bereitstellung der Krankenhauskost (im Speziellen auf der Normalstation) nicht außer Acht gelassen werden. Es sind vor allem folglich genannte logistische Einflussfaktoren zu erwähnen, welche in einem Krankenhausbetrieb oftmals dazu führen, dass eine adäquate Nahrungsaufnahme erschwert wird. Dazu zählen zahlreiche medizinische Untersuchungstermine und Nüchternphasen („nüchtern bleiben“), welche sehr oft mit den Essenszeiten der Patienten interferieren. Des Öfteren ist es nicht möglich, außerhalb dieser definierten Essenszeiten die Mahlzeiten anzuliefern um somit die nahrungsoptimierte Verpflegung des Patienten zu gewährleisten. Tatsächlich werden somit einige Mahlzeiten nicht eingenommen.

Im Speziellen bei Trauma Patienten spielt die psychische Verfassung eine wichtige Rolle in Bezug auf die Nahrungsaufnahme. Folgebelastungen eines Traumas spiegeln sich sehr oft in psychischen Instabilitäten wieder, wodurch sich das normale Ernährungsverhalten verändert. Es konnte vielfach beobachtet werden, dass durch psychische Belastungen die Mahlzeiteaufnahme in den Hintergrund gedrängt wurde. Komponenten wie Überforderung mit der Gesamtsituation oder die ungewohnte Umgebung („die Umgebung schlägt auf den Magen“) sowie die Unzufriedenheit mit dem Gesundheitszustand, waren hierbei nicht unwesentlich beteiligt. Wenn es zu einem starken Abweichen von der Norm einzelner Bioimpedanz-Parameter, wie dem der Muskelmasse (Verlust der viszerale Proteinspeicher, Verlust der Muskelmasse), dem Phasenwinkel oder des Körpergewichts (ein

unbeabsichtigter Gewichtsverlust mit dem Zeichen einer Krankheitsaktivität) kam, wurde eine dementsprechende Ernährungsintervention eingeleitet. Gesetzt den Fall einer starken Verringerung der Muskelmasse ist vom Ernährungsteam (Diätologin) eine sofortige Maßnahme zur Verabreichung einer eiweißangereicherten Mahlzeit gesetzt worden.

Altersabhängige Ernährungsproblematiken sind in diesem Kontext dahingehend interessant, da sich einige Personen des Patientenkollektivs bereits im höheren Alter befanden. Die tägliche Nahrungsaufnahme im entsprechenden Ausmaß, zeigte aufgrund altersbedingter Ernährungsprobleme eine weitere Problematik neben dem bereits diffizilen Krankheitszustand dieser Patientengruppe auf. Die Auswahl der Mahlzeitenmenüs stellte im speziellen für ältere Personen oftmals eine große Bürde dar (verminderte Lesefähigkeit, Desorientiertheit), wodurch diese oftmals vom Krankenpersonal getroffen wurde. Leider vielfach mit dem Endresultat, dass die Speisen von den Patienten nicht präferiert wurden und somit nur eine geringe Menge der Gesamtmahlzeiten konsumiert wurde.

Gerade bei einem Patientenkollektiv, welches durch das erlittene schwere Trauma noch während des Aufenthaltes im Krankenhaus enorm in der Bewegungsausführung eingeschränkt ist, wäre eine frühzeitig einsetzende Intervention seitens der Ernährungstherapie (z.B. ausreichende Eiweißsubstitution) des Patienten von höchster Priorität. Die oft zu spät einsetzende Ernährungsintervention bzw. ein Fehlen an Ressourcen des Ernährungsteams (zu wenige Diätologen) sollte in diesem Kontext nicht unerwähnt bleiben.

Zusammengefasst kann jedoch festgehalten werden, dass die Messwerte der Studienteilnehmer zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Krankenhaus in einem Bereich lagen, welcher als nicht mehr kritisch für das Patientenkollektiv anzusehen ist.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Im klinischen Bereich wird derzeit versucht, die Bioimpedanzanalyse als diagnostisches Instrument zur Abschätzung des nutritiven als auch des metabolischen Zustandes eines Patienten zu etablieren. Die Bioimpedanzanalyse bietet neben einer Nicht-Invasivität der Methode weitere positive Eigenschaften wie z.B. eine schnelle und relativ preisgünstige Durchführung von BIA-Messungen.

Die Grundlage dieser hier vorgelegten Arbeit bildet eine prospektive Pilotstudie, welche am Institut für Anästhesiologie und Intensivmedizin im Unfallkrankenhaus Meidling (Wien) durchgeführt wurde. Dazu wurde eine Kohorte, bestehend aus 19 Intensivpatienten mit traumatischen Hintergrund, untersucht. Das Ziel bestand darin, signifikante Veränderungen der Körperzusammensetzung im zeitlichen Verlauf während unterschiedlicher Belastungen mit posttraumatischem Stress festzustellen um diese anschließend als Interpretationsgrundlage zu verwenden. Zu diesem Zweck wurden mehrmals wöchentlich BIA-Messungen bei traumatischen Intensivpatienten mit der Gerätschaft „BIACORPUS RX 4000“ der Firma MEDICAL HealthCare GmbH vollzogen. Als Interpretationsgrundlage dienen neben den ermittelten Bioimpedanz- noch andere katabolierrelevante Parameter (Blutparameter, Score Parameter).

In den Auswertungen klar ersichtlich waren die Auswirkungen des Postaggressionsstoffwechsels bei den Messzeitpunkten U1 und U2, welche sich durch eine Lage der Parameterwerte außerhalb der Referenzbereiche widerspiegelten. Neben einer Abnahme des Körpergewichtes über den gesamten Untersuchungszeitraum (im verstärkten Ausmaße bei Männern beobachtet), konnten folgende Ergebnisse beobachtet werden: Die fettfreie Masse trug zu einer Änderung der Körperzusammensetzung bei, durch eine kontinuierliche Abnahme der Körperzellmasse mit einer einhergehenden Expansion der extrazellulären Masse während des gesamten Untersuchungszeitraumes (in signifikantem Ausmaß). Diese Ergebnisse können mit den errechneten Werten für den Phasenwinkel und das ECM/BCM Ratio untermauert werden. Die in der Literatur beschriebenen Imbalancen des

Hydrationszustandes bzw. die erhöhte Wasserbalance speziell in der Phase von enormen posttraumatischen Stress (U1) konnten bestätigt werden. Überdies wurde herausgefunden, dass eine erhöhte Wasserbalance unmittelbar nach einem Trauma (U1) vonseiten des Schweregrades einer Verletzung (erhoben mit einem Score Parameter SAPSIII in den ersten 24 h nach erlittenem Trauma) bedingt sein können. Im Hinblick auf Abweichungen der Laborparameter von den jeweiligen Referenzwerten kann festgehalten werden, dass die Werte für Gesamteiweiß und Serumalbumin bei U1 im Zuge des Stressmetabolismus eine starke Abnahme aufzeigten mit parallel dazu verlaufender Erhöhung der Werte für das C-reaktive Protein. Bis hin zur Entlassung der Patienten aus dem Krankenhaus befanden sich die Werte jedoch im jeweiligen Referenzbereich.

Als Conclusio sollte festgehalten werden, dass vor allem Parameter, welche in direkter Assoziation mit der Muskelmasse stehen (Körperzellmasse, Phasenwinkel, ECM/BCM Ratio) bis zum Entlassungszeitpunkt (U3) der Patienten keinerlei signifikante Verbesserungen aufweisen konnten. Die Wirkung adäquater Ernährungsmaßnahmen bzw. die damit verbundene Krankenhauskost sollte auf die Veränderung ernährungsrelevanter Parameter (vor allem der Muskelmasse) zum Zeitpunkt des Aufenthaltes der Patienten auf der Normalstation (U3) nicht unerwähnt bleiben, wenn gleich eine statistisch nachweisbare Korrelation zwischen diesen Variablen nicht eruiert werden konnte. Einzelne Messdaten, welche man durch die Bioimpedanzanalyse erhielt, lieferten aufschlussreiche Ergebnisse (einzeln oder in Kombination mit anderen katabolierlevanten Parametern). Infolge der bisweilen noch geringen Datenübermittlung in Punkto Anwendung der Bioimpedanzanalyse in der Intensivmedizin, wurde es in dieser vorgelegten Arbeit als sinnvoll erachtet, die einzelnen Parameter einer differenzierten Interpretation zu unterziehen anstatt alle Ergebnisse als Gesamtes zu erläutern.

Summary

Especially in the clinical setting, the bioimpedance analysis (BIA) is entrenched as a diagnostic instrument for the estimation of the nutritive and also the metabolic condition of a patient. The BIA is non-invasive and characterized by its positive features such as being a relatively cheap and rapid method. A prospective pilot study, which was carried out at the institute for anesthesiology and intensive-care medicine in the accident hospital in Meidling (Vienna), provides the basis for the thesis presented here.

For this purpose, a cohort of 19 intensive care patients with traumatological background was examined. The aim of the project was to assess alterations in body composition during different post-traumatic stress situations. Furthermore, the outcomes are used as an interpretative approach. Bioimpedance measurements were performed several times a week with the „BIACORPUS RX 4000“(MEDICAL HealthCare GmbH) bioimpedance equipment. In addition of the bioimpedance parameters, other catabolic-relevant parameters (blood parameters, score-parameters) were used for interpretation. Examinations point out that a majority of the BIA-parameters shows significant variations especially at the time of point U1 and U2. This can be explained by the post-aggression-syndrome.

In addition to the decline in body weight (mainly in men), the following outcome was observed: The fat-free mass revealed a significant modification of body composition through continuous decrease of the body cell mass concomitant with an expansion of the extracellular mass during the whole evaluation period. Calculations for the phase angle and the ECM/BCM ratio substantiate the addressed results on modifications of the fat-free mass. Bioimpedance measurements yielded various hydration imbalances and respectively high values of the water balance. This outcome was noticed especially in the period of the highest post-traumatic stress (U1). By the use of score-parameters, which were gathered in addition to BIA-parameters, it was possible to conclude that high water balance levels might be limited through the severity of injury (trauma), defined by the scoring parameter SAPSIII.

Concerning the variance of laboratory parameters from current reference levels, it can be pointed out that the period of extreme post-traumatic stress (U1) showed a degradation of the values for total protein and serum albumin with a simultaneous increase of the values of the C-reactive protein. Just before the discharge of the patients from hospital, the values of all laboratory parameters were in the respective reference range.

Summarized, the application of the bioimpedance analysis gained many informative findings but it is especially worth mentioning that an interpretation of the parameters separately should be preferred compared to an interpretation of the whole outcomes (due to the limited availability of literature in this area).

8 LITERATURVERZEICHNIS

ALLISON S, LOBO D, STANGA Z. The treatment of hypoalbuminaemia. *Journal of Clinical Nutrition* 2001; 20:275-279.

ARMSTRONG L. Assessing Hydration Status: The exclusive Gold Standard. *Journal of the American College of Nutrition* 2007; Vol.26, No.5, 575-584.

ARNOUT N, ROOS M.D, RUDI G, WESTENDORP M.D, FRÖHLICH M, AREND E, MEINDERS M.D. Weight changes in critically ill patients evaluated by fluid balances and impedance measurements. *Critical Care Medicine* 1993; Vol.21, No.6.

BAKER S, BIAN O'NEILL, HADDON W, LONG W. The injury severity score; A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of Trauma* 1974; Vol.14, No.3.

BEHRENDT W. Zur Zuverlässigkeit von Schätzungen des Energieverbrauchs polytraumatisierter und langzeitbeatmeter Patienten. *Aktuelle Chirurgie* 1987; 22:187-191.

BERNARD C. Lecons sur le Diabete et la Glycogenase Animale. 1877; Paris, Baillière.

BOSY-WESTPHAL A, KROMEYER-HAUSSCHILD K, PIRLICH M, SCHLATTMANN A, SCHOLZ G, MÜLLER M.J. Körperzusammensetzung- Was kann man wie und mit welchem Wert in der Praxis messen? *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2006; 31:189-195.

BOSY-WESTPHAL A, DANIELZIK S, DÖRHÖFER R, LATER W, MÜLLER M. Referenzwerte für den Phasenwinkel der Bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und BMI. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2006;31.

CUPTA D, LAMMERSFELD C, BURROW J, DAHLK S.L, VASHI P.G, GRUTSCH J.F, HOFFMANN S, LIS C.G. Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in advanced colorectal cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2004; Vol.80: 1634-1638.

CULLEN D, CIVETTA J, BRIGGS B, FERRARA L. Therapeutic intervention scoring system : a method for quantitative comparison of patient care. *Critical Care Medicine* 1974; Vol.2, No.2; 57-60.

CUTHBERTSON D.P. The physiology of convalescence after injury. *British Medical Bulletin* 1945; 3:96.

CUTHBERTSON D.P. Post-shock metabolic response. *Lancet* 1942; 1: 433– 437.

DEHGHAN M, MERCHANT A.T. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutritional Journal* 2008; 7:26.

DE LORENZO A, ANDREOLI A, MATTHIE J, WITHERS P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *Journal of applied Physiology* 1997; 82:1542-1558.

DRUML W, JADRNA K, ROTH E. Empfehlungen für die enterale und parenterale Ernährung des Erwachsenen. Arbeitsgemeinschaft für klinische Ernährung (AKE), 3.Auflage, 2004.

EDLINGER E. Die Bedeutung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) im geriatrischen Bereich. *Journal der Ernährungsmedizin* 2002; 24-25.

FORSTER K.F, LUKASKI H.C. Whole-body impedance, what does it measure? *American Journal of Clinical Nutrition* 1996; 64:388-396.

GALLAGHER D, HEYMSFIELD S, HEO M, JEBB S, MURGATROYD P, SAKAMOTO Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *American Journal of clinical nutrition* 2000; 72:694-701.

HACKL J.M. Is the course of disease improved by artificial nutrition of intensive care patients? *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2009; 34:215-219.

HARTL W.H, RITTLER P. Metabolic Monitoring of the critically ill Patient. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2002; 27:408-415.

HEYMSFIELD S.B, WANG J, KEHAYIAS J, HESKA S, LICHTMAN S, PIERSON R.N. Chemical determination of human body density in vivo: relevance to hydrodensitometry. *American Journal of Clinical Nutrition* 1989; 50:1282-9.

HILL G, DOUGLAS R, SCHROEDER D. Metabolic basis for the management of patients undergoing major surgery. *World Journal of Surgery* 1993; 17: 146-153.

HILTMANN F, HABERZETTL D, WEIMANN A. Ist der mittels bioelektrischer Impedanzmessung bestimmte Phasenwinkel als Ausdruck der Körperzusammensetzung ein prognostischer Parameter? *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2009; 34-39.

HOFFER E, CLIFTON K.M, SIMPSON D.C. Correlation of whole –body impedance with total body volume. *Journal of Applied Physiology* 1969; 27: 531-4.

JACOBS D.O. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of critical illness. *American Journal of clinical Nutrition* 1996; 64: 498-502.

JAUCH K.W. Chirurgischer Metabolismus. *Der Chirurg*, 1997; 68: 551-558.

JUNG U. Die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und ihre Umsetzung in die Praxis. *Ernährung und Medizin* 2002; 17: 203-204.

KEENE R, CULLEN J-D. Therapeutic Intervention Scoring System: Update 1983. *Critical Care Medicine* 1983, Vol.11, No.; 1-4.

KOTLER D.P, BURASTERO S, WANG J, PIERSON R. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 1996; 64: 489S-97.

KREYMANN K.G, HEER G, FELBIGER T, KLUGE S, NIERHANS A, SUCHNER K, MEIER R.F. Ernährungskonzepte bei Intensivpatienten; Nutritional concepts for patients under intensive care. *Pneumologie* 2007; 61: 574-581.

KYLE U, BOSAEUS I, LORENZO A.D, DEURENBERG P, ELIA M, GOMEZ J.M, HEITMANN B, KENT-SMITH L, MELCHIOR J.C, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLSA, PICHARD C. ESPEN Guidelines for Bioelectrical impedance analysis-part I:review of principles an methods. *Clinical Nutrition* 2004; 23:1226-1243.

KYLE U, BOSAEUS I, LORENZO A.D, DEURENBERG P, ELIA M, GOMEZ J.M, HEITMANN B, KENT-SMITH L, MELCHIOR J.C, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLSA, PICHARD C. ESPEN Guidelines for Bioelectrical impedance analysis-part II :utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition* 2004; 23:1226-1243.

KYLE U, PICCOLI A, PICHARD C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 2003; 6: 387-393.

KYLE U, GENTON L, SLOSMAN D, PICHARD C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition* 2001; 17: 534-541.

LAUQUE S. A tool for nutritional anamnesis of elderly patients. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 1999; 1:145.

LE GALL J-R, LEMESHOW S, SAULNIER F. A new simplified acute physiology score (SAPS II) based on a European/North American Multicenter Study. JAMA-The Journal of the American Medical Association 1993; 270 (24): 2957-2963.

LINDSAY D, PLANK Ph. D, GRAHAM L, HILL M.D. Sequential Metabolic Changes following Induction of Systemic Inflammatory Response in Patients with Severe Sepsis or major blunt Trauma. Worlds Journal of Surgery, 2000; 24: 630-638.

METNITZ P, MORENO R, ALMEIDA E, JORDAN B, BAUER P, ABIZANDA CAMPOS R, IAPICHINO G, EDBROOKE D, CAPUZZO M, LE GALL J-R. SAPS 3 - From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part I: Objectives, methods and cohort description. Intensive Care Medicine 2005; 31: 1336-1344.

MIRANDA R, DINIS M.D, DE RIJK A, SCHAUFELI W. Simplified Therapeutic Intervention Scoring System: The TISS-28 items-Results from a multicenter study. Critical Care Medicine 1996; 24: 64-73.

MONK D.N, PLANK L.D, FRANCH-ARCAS G, FINN P.J, FINN S.J, STREAT G, HILL L. Sequential changes in the metabolic response in critically injured patients during the first 25 days after blunt trauma. Annals of Surgery 1996; 223: 395-405.

MOORE F.D, OELSEN K.H, MURRAY M.C, Parker H.V, BALL M.R, BOYDEN C.M. The body cell mass and it's supporting environment. Philadelphia, PA: Saunders, 1963.

MOORE F.D.. The body cell mass and its supporting environment; body composition in health and disease. Philadelphia, PA: Saunders, 1963.

MORENO R, METNITZ P, ALMEIDA E, JORDAN B, BAUER P, ABIZANDA CAMPOS R, IAPICHINO G, EDBROOKE D, CAPUZZO M, LE GALL J-R. SAPS 3-From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. Intensive Care Medicine 2005; 31: 1345-1355.

MUELLER S.D. Was ist die bioelektrische Impedanzanalyse. In: Die bioelektrische Impedanz Analyse (BIA), Die ernährungsmedizinische Bedeutung der Körperzusammensetzung. GRIN Verlag, 1. Auflage, 2011.

MUSCAITOLI M, BOSSOLA M, AVERSA Z, BELLANTONE R, FANELLI R. Prevention and treatment of cancer cachexia: new insights into an old problem. European Journal of Cancer 2006; 42: 31-41

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH TECHNOLOGY ASSESSMENT CONFERENCE STATEMENT. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. American Journal of Clinical Nutrition 1996; 64: 524-532.

NORMAN K, STOBÄUS N, PIRLICH M, BOSY-WESTPHAL A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition* 2011.

NYBOER J. Electrical impedance plethysmography, A physical and physiologic approach to peripheral vascular study, 2nd ed. Springfield, IL:CC Thomas; 1970.

PICCOLI A, ROSSI B, PILLON L, BUCCIANTE G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis :The RXc graph. *Kidney International*, Vol.46, 1994; 534-539.

PICHARD C, KYLE U, MORABIA A, PERRIER A, VERMEULEN B, UNGER P. Nutritional assessment: lean body mass depletion at hospital admission is associated with an increased length of stay; *American Journal of Clinical Nutrition* 2004;79:613-8

PIRLICH M, NORMAN K. Modern standards of nutritional assessment. Bestimmung des Ernährungszustandes, moderne Forschung. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2011; 36: 248-264.

PIRLICH M, KRÜGER A, LOCHS H. BIA Verlaufsuntersuchungen :Grenzen und Fehlermöglichkeiten. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2000; 25: 64-69.

PLANK L.D, HILL G.L. Sequential metabolic changes following induction of systemic inflammatory response in patients with severe sepsis or major blunt trauma. *World Journal of Surgery* 2000; 24: 630-638.

RITTLER P, JAUCH K.W, HARTL W. Metabolic differences between Anorexia, Catabolism and Cachexia. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2007; 32: 93-98.

ROBERT S, ZAROWITZ B.J, HYZY R, EICHENHORN M, PETERSON E.L, POPOVICH J. Bioelectrical impedance assessment of nutritional status in critically ill patients. *American Journal of Clinical Nutrition* 1993; 57: 840-4.

SCHUTZ Y, KYLE U, PICHARD C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *International Journal of Obesity* 2002; 26: 953-960.

SELBERG O, BÖTTICHER J, TUSCH G, PICHLMAYER R, HENKEL E, MÜLLER M.J. Identification of high- and low-risk patients before liver transplantation :a prospective cohort study of nutritional and metabolic parameters in 150 patients. *Journal of Hepatology* 1997; 25: 652-657.

SEGAL K.R, LUTIN B, PRESTA E, WANG J, VAN ITALLIE T.B. Estimation of human body composition by electrical impedance methods; a comparative study. *Journal of Applied Physiology* 1985; 58: 1565-71.

SOBOTKA L, ALLISON S, FÜRST P, MEIER R, PERTKIEWICZ M, SOETERS P. The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism; ESPEN Courses 2000.

SUN S, CHUMLEA C.W, HEYMSFIELD S, LUKASKI H.C, SCHOELLER D, FRIEDL K, KUCZMARSKI R, FLEGAL K, JOHNSON C.L, HUBBARD V.S. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic survey. *American Journal of Clinical Nutrition* 2003; 77: 331-40.

TATARA T, TSUZAKI K. Segmental bioelectrical impedance analysis improves the prediction for extracellular water volume changes during abdominal surgery. *Critical Care Medicine* 1998; 26(3): 470-476.

THIBAUT R, PICHARD C. The evaluation of body composition: a useful tool for clinical practice. *Annals of Nutrition and Metabolism* 2012; 60: 6-16.

THOMASSET A. Bioelectrical properties of tissues. *Lyon Medicine* 1963; 209: 1325-52.

VAN LOAN M.D. Bioelectrical impedance analysis to determine fat-free mass, total body water and body fat. *Sports Medicine* 1990; 10: 205-217.

VOLKERT D. Der Body-Mass-Index (BMI)-ein wichtiger Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustands. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2006; 31: 126-132.

WAYNE S, COPES D, CHAMPION H, WILIAM J, SACCO D, MARY M, LAWNICK L, SUSAN L, KEAST R.N, BAIN L. The injury Severity Score revisited. *The Journal of Trauma* 1988; Vol.2A, No.1.

WEIMANN A, ANDRÄ J, SABLITZKI A. Nutrition in the critically ill - Ernährung des Intensivpatienten. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2011; 136: 2251-2262.

WEIMANN A, MUELLER M.J, BISCHOFF S.C, DÖRRHÖFER R.P, KREYMAN G, LEWELING H, MAST M, PIRLICH M, BEHRENDT W, SCHUSTER H.P. Objektive Meßdaten in der Ernährungsmedizin - Wie relevant ist die bioelektrische Impedanzmessung? *Intensivmedizin* 1999; 36: 737-741.

WEIMANN A, RAAB R, SELBERG O, BISCHOFF S, BORNEMANN K, MÜLLER M.J, MEYER H.J, Perioperative changes in body composition and metabolism in patients with colorectal cancer according to tumour stage. *Onkologie* 1996; 19: 424-429.

WELLS J.C.K, FEWTRELL M.S. Measuring body composition. *Achieves of disease in childhood* 2006; 91: 612-617.

WITHERS R.T, LAFORGIA J, HEYMSFIELD S.B. Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. *American Journal of human biology* 1999; 11: 175-185.

YLIHÄRSILÄ H, KAJANTIE E, OSMOND C, FORSEN T, BARKER D, ERIKSSON J. Body mass index during childhood and adult body composition in men and women aged 56-70. *American Journal of Clinical Nutrition* 2008; 87: 1769-75.

WEBVERZEICHNIS

AENGUS ERNÄHRUNGSKONZEPTE GMBH. Technische Daten, Internet: <http://www.bia-messung.at/technischdaten.php>. (Stand: 02.06.2012)

DATA-INPUT. Das BIA-Kompodium III Ausgabe. Internet: http://www.datainput.de/site/data/pdf/Kompodium_III_Ausgabe_2009.pdf. (Stand: 28.08.2010)

IDIAG. Durchführung und Interpretation von phasensensitiven BIA Messungen mit Body Comp. V 8.4. Internet: http://www.idiag.ch/fileadmin/documents/biacorpus/Brosch%C3%BCren/Leitfaden_BIA-Interpretation-idiag_28.09.2010.pdf. (Stand: 24.06.2012)

MEDICAL HEALTHCARE GMBH. Bestimmung der Körperzusammensetzung mit Bioelektrischer Impedanz Analyse. Internet: <http://www.medi-cal.de/produkte/corpus-rx4000.php>. (Stand: 04.06.2012)

BÜCHER

BACKHAUS K, ERICHSON B, PLINKE W, WEIBER R. Multivariate Analysemethoden-Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer Verlag, 2011; 13.Auflage.

BIESALSKI H.K, BISCHOFF S.C, PUCHSTEIN C. Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung; Übergewicht und Mangelernährung. In: Ernährungsmedizin. (Kapitel 1). Georg Thieme Verlag, 2010; 25-31; 390-499.

BUCHARDI H, LARSEN R, MARX G, MUHL E, SCHÖLMERICH J. Score. In: Die Intensivmedizin. (Kapitel 7). Springer Verlag, 2011; 56-65.

BUEHREN V, KEEL M, MARZI I. Erstversorgung, diagnostische und therapeutische Grundlagen, Grundlagen und präklinische Versorgung. In: Traumatologie-Checkliste. (Kapitel1). Georg Thieme Verlag, 2012; 1-5.

BUEHL A. SPSS 20 Einführung in die moderne Datenanalyse. 13. aktualisierte Auflage. Pearson Verlag Deutschland, 2012.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Physiologische Grundlagen der Ernährung. In: Ernährung des Menschen. (Kapital 1). Eugen Ulmer Verlag, 2004; 26-27.

ELMADFA I. Körperzusammensetzung und Ernährungsanthropometrie. In: Ernährungslehre (Kapitel1), 2.Auflage. UTB Ulmer Verlag, 2009.

FIRSCHAU U, KAHL C. Pathophysiologie. In: Schädel-Hirn-Trauma, Pflege und Rehabilitation Erwachsener. (Kapitel 2). Kohlhammer Verlag, 2002.

HARTIG W, BIESALSKI H.K, DRUML W, FÜRST P, WEIMANN A. SIRS-Postaggressionsstoffwechsel. In: Ernährungs-und Infusionstherapie, Standards für Klinik, Intensivstation und Ambulanz. (Kapitel 11). Georg Thieme Verlag, 2004; 116-136.

MUELLER M.J. Ernährungsmedizinische Untersuchungen. In: Ernährungsmedizinische Praxis; Diagnostik, Prävention/Behandlung (Kapitel 1). Springer Med. Verlag, Heidelberg, 2007; S.1-195.

SCHLAG G, REDL H, BAHRAMI S. SIRS nach Trauma und Sepsis. Anästhesiologie. Intensivmedizin. Notfallmedizin. Schmerztherapie. 1994; 29: 37-41.

STEIN J, JAUCH K.-W. Ermittlung des Ernährungsstatus. In: Praxishandbuch Klinische Ernährung und Infusionstherapie (Kapitel 1). Springer Verlag, 2003.

THEWS G, MUTSCHLER E, VAUPEL P. Stoffwechsel der Zelle. In: Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft GmbH, Stuttgart. (Kapitel 1), 1999; 13-27.

WILHELM W. Polytrauma- Der verunfallte Patient/Störungen des Elektrolythaushaltes. In: Praxis der Intensivmedizin. (Kapitel 47). Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2011; 629-644; 85-131.

WINTER J, MARINESCU M. Ohm'scher Widerstand. In: Basiswissen Gleich- und Wechselstromtechnik mit ausführlichen Beispielen. Friedrich Vieweg und Sohn Verlag, 2007

9 ANHANG

a. Lebenslauf

b. Auflistung einzelner Parameter der 19 Patienten zu den 3 Untersuchungszeitpunkten (U1-U3)



LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name:	Verena Hintsteiner
Titel:	Bakkalaurea der Naturwissenschaften (Bakk.rer.nat.)
Geburtsdaten:	14. Oktober 1987 in Waidhofen an der Ybbs
Familienstand:	ledig
Staatsangehörigkeit:	Österreich
Adresse:	Handelstraße 41/13; 8052 Graz
Telefon:	0676/6875877
E-Mail:	Verena.Hintsteiner@gmx.at

Schulbildung

1998-2006	8-jähriges Humanistisches Gymnasium mit abgelegter Matura (Stiftsgymnasium in Admont/Steiermark)
1994-1998	Volksschule in Admont/Steiermark

Hochschulbildung

2010-2013	Masterstudium der Ernährungswissenschaft <i>Schwerpunkt:</i> Lebensmittelqualität und -sicherheit
2013	demnächst Abschluss des Masterstudiums Titel der Masterarbeit: „Follow-up zum Monitoring der Körperzusammensetzung von traumatologischen Intensivpatienten in Form einer prospektiven Pilotstudie“
2006-2010	Bachelor Studium der Ernährungswissenschaft

07/2010

Abschluss des Bachelor Studiums

Titel der Bachelor-Arbeit: „Phalloides Syndrom-
Intoxikationen hervorgerufen durch Amanita
phalloides Pilze“

Praktische Erfahrung

Derzeitige Arbeitsstelle

Firma AENGUS Ernährungskonzepte GmbH

Fachspezifische Praktika

03 - 08 2012

6 - monatiges Praktikum im Unfallkrankenhaus in
Meidling (Wien);

Tätigkeitsbereich: Mitarbeit an einer klinischen
Studie; Durchführung von Bioimpedanz Messungen
und Auswertungen von Ernährungsprotokollen sowie
Laborparametern

09/ 2011

4 - wöchiges Praktikum in der Firma „LANDENA–
Lebensmittel für Marken“ in Stainach (Steiermark);

Tätigkeitsbereich: Produktionsmitarbeiterin im
Bereich Tiefkühlkost

07 - 08 2011

3 - wöchiges Praktikum im Unternehmen JRS, J.
Rettenmaier und Söhne (Standort Wien);

Tätigkeitsbereich: Mitarbeiterin im Fachbereich
`Sales and Technological Management for Food` mit
Schwerpunkt auf Fleischprodukte in Serbien,
Kroatien und Slowenien

08/09 2010

7 - wöchiges Praktikum in der Firma „LANDENA–
Lebensmittel für Marken“ in Stainach (Steiermark);

Tätigkeitsbereich: Produktionsmitarbeiterin im
Bereich Tiefkühlkost

Zusatzqualifikationen

Sprachen:	Deutsch (Muttersprache), Englisch: fließend in Wort und Schrift
Führerschein:	B (Mobilität gegeben)
EDV Kenntnisse:	Kenntnisse im Betriebssystem Microsoft Office (gute Anwendungskenntnisse in Microsoft Power Point und Microsoft Word) Gute Anwendungskenntnisse im Statistikprogramm SPSS Grundkenntnisse in der Ernährungssoftware PRODI-Nutri-Science GmbH zur Auswertung von Ernährungsprotokollen
Weiterbildungen:	Teilnahme an zahlreichen Tagungen und Kongressen zur Weiterbildung Teilnahme an spezifischer Schulung zur Durchführung von Bioimpedanz-Messungen im klinischen Bereich VEÖ (Verband der Ernährungswissenschaftler Österreichs) Mitglied

Freizeitaktivitäten

Ehrenamtliche Tätigkeit als staatlich ausgebildeter Sanitäter bei der Freiwilligen Feuerwehrrettung in Admont (Steiermark)

Nordic Walking, Kochen, gesunde Ernährung

b.) Auflistung einzelner Parameter der 19 Patienten zu den 3 Untersuchungszeitpunkten (U1-U3):

Darstellung einer Auswahl an Parametern zum Zeitpunkt U1

(Geschlecht: 1=männlich/2=weiblich; PA(°)=Phasenwinkel; TBW (Liter)=Gesamtkörperwasser; WB=Wasserbalnace; ECM(kg)=extrazelluläre Masse; BCM(kg)=Körperzellmasse; FFM(kg)=fettfreie Masse)

Patient	Geschlecht	Datum U1	Gewicht U1	PA U1	TBW U1	WB U1	ECM U1	BCM U1	ECM/BCM U1	FFM U1
1	1	06.02.2012	94,8	5,1	53,2	160,5	37,1	31,9	1,16	69
2	2	21.02.2012	55	3,6	33,6	157,7	25,3	14,7	1,72	40,1
3	1	19.03.2012	95	5,6	52,9	98,8	36,9	35,9	1,03	72,8
4	1	20.03.2012	70	5,8	44,2	34,8	30,4	30,6	0,99	61
5	1	26.03.2012	94	6,7	58,1	32	36,7	43,2	0,85	79,9
6	2	16.04.2012	89,7	4,5	43,9	290,1	34,6	26	1,33	60,6
7	2	19.04.2012	83	6,4	48	13,7	31,7	35,4	0,9	67,2
8	1	19.04.2012	77,5	6,2	42,9	1,7	28,7	31	0,93	59,7
9	2	19.04.2012	70	3,2	40,3	344,5	36,7	18,4	1,99	55,1
10	2	02.05.2012	60	4,8	33,6	113,5	26,6	21,6	1,23	48,2
11	2	21.05.2012	69,3	4	28,3	66,6	23,5	15,4	1,53	38,9
12	2	21.05.2012	70	5,6	30,9	0,4	21,8	21	1,04	42,8
13	1	06.06.2012	88,3	4,4	53,4	243,8	42	30,7	1,36	72,7
14	1	11.06.2012	82,5	5,8	61,2	122,3	40,1	41,4	0,97	81,5
15	1	02.07.2012	69,3	6,4	39,9	-15,5	26,8	30,1	0,89	56,9
16	1	09.07.2012	68	6,5	43,6	-14,7	28,9	33,1	0,87	62
17	1	09.07.2012	72	4,8	45	137,6	31,8	25,6	1,24	57,4
18	1	12.07.2012	78	6,7	45,3	-20,6	27,6	32,9	0,84	60,5
19	1	16.07.2012	90,8	5,4	57,2	145,9	36,4	33,3	1,09	69,7

Darstellung einer Auswahl an Parametern zum Zeitpunkt U2

(Geschlecht: 1=männlich/2=weiblich; PA(°)=Phasenwinkel; TBW (Liter)=Gesamtkörperwasser; WB=Wasserbalance; ECM(kg)=extrazelluläre Masse; BCM(kg)=Körperzellmasse; FFM(kg)=fettfreie Masse)

Patient	Geschlecht	Datum U2	Gewicht U2	PA U2	TBW U2	WB U2	ECM U2	BCM U2	ECM/BCM U2	FFM U2
1	1	26.04.2012	81,3	4,2	45,1	210,2	36,7	25,7	1,43	62,4
2	2	01.03.2012	63,5	2,9	41,9	372,7	39,4	16,8	2,35	56,2
3	1	12.04.2012	78	5,6	43,5	57,5	28,1	26,9	1,04	55
4	1	12.04.2012	61	6,7	38,6	-34,9	24,8	29,5	0,84	54,2
5	1	29.03.2012	93	8,3	51,1	-84,1	28,9	44	0,66	72,9
6	2	14.05.2012	72,5	4,5	26,5	65,9	24,5	18,2	1,35	42,6
7	2	23.04.2012	82,5	5,6	48,8	92,3	34,7	33,5	1,04	68,2
8	1	21.06.2012	59	4,7	33,1	86	27,2	21,3	1,28	48,6
9	2	23.04.2012	69	3,8	29,4	116	26,9	16,5	1,64	43,4
10	2	14.05.2012	53,4	5,1	27,7	21,9	22,8	19,7	1,16	42,5
11	2	24.05.2012	69,5	4,3	29,8	61,9	23,4	16,8	1,39	40,2
12	2	04.06.2012	62,4	5,1	27,2	-0,6	21,5	18,6	1,16	40,1
13	1	18.06.2012	79	4,8	43,4	136,5	33,8	27,2	1,24	61,1
14	1	28.06.2012	74	6,9	46	-27,3	28,6	35,1	0,81	63,7
15	1	12.07.2012	63,1	6,4	34,3	-27,8	25,2	28,4	0,83	53,7
16	1	12.07.2012	68	6,7	41,7	-25,9	26,6	31,3	0,85	57,8
17	1	12.07.2012	77,3	7,2	48	-36,3	30,3	38,7	0,78	69
18	1	23.07.2012	70	7,8	39,4	-76	23,7	33,4	0,71	57,1
19	1	26.07.2012	81,4	7,3	41,7	-54,7	24,9	32,6	0,76	57,5

Darstellung einer Auswahl an Parametern zum Zeitpunkt U3

(Geschlecht: 1=männlich/2=weiblich; PA(°)=Phasenwinkel; TBW (Liter)=Gesamtkörperwasser; WB=Wasserbalmace; ECM(kg)=extrazelluläre Masse; BCM(kg)=Körperzellmasse; FFM(kg)=fettfreie Masse)

Patient	Geschlecht	Datum U3	Gewicht U3	PA U3	TBW U3	WB U3	ECM U3	BCM U3	ECM/BCM U3	FFM U3
1	1	16.05.2012	75,9	4,3	44,8	193,9	35,5	25,6	1,39	61,1
2	2	08.03.2012	62,8	5,6	43,8	104,7	30	28,7	1,05	58,7
3	1	19.04.2012	81	4,9	44,5	129,7	30	24,8	1,21	54,9
4	1	19.04.2012	60	7	37,6	-48,4	24,3	30,3	0,8	54,5
5	1	02.04.2012	79	7,7	50,1	-56,6	28,9	40,2	0,72	69,1
6	2	14.06.2012	64	3,4	29,6	141,2	26,9	14,4	1,87	41,3
7	2	06.06.2012	88	5,7	46	88	32,4	31,7	1,02	64,1
8	1	30.07.2012	59,9	4,5	33,1	108,3	28	20,8	1,35	48,8
9	2	29.05.2012	64	3,8	27,6	94,4	25,9	15,8	1,64	41,7
10	2	31.05.2012	56,5	5,3	27,7	10,9	22,5	20,3	1,11	42,8
11	2	18.06.2012	63	4,2	24,1	20,6	22,6	15,7	1,44	38,3
12	2	14.06.2012	61	5,2	26,8	-8,5	21,1	18,7	1,13	39,8
13	1	12.07.2012	75,5	4,4	43,9	181	33,1	24,3	1,36	57,4
14	1	30.07.2012	71	6,1	48,2	31,2	32	34	0,94	66,1
15	1	16.07.2012	61,6	5,9	34,1	-5	26,4	26,9	0,98	53,3
16	1	30.07.2012	59	5,5	36,6	29,1	27,2	25,5	1,07	52,6
17	1	23.07.2012	71	4,2	41,7	189,8	31,4	21,7	1,45	53,1
18	1	02.08.2012	66	6,7	39,1	-31,7	25,5	30,1	0,85	55,5
19	1	13.08.2012	76	6,3	38,8	-17,9	25,5	28,2	0,9	53,7