



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Ist die Aufenthaltsdauer bei Schädelhirntrauma-PatientInnen vom Ernährungsstatus bei der Aufnahme oder vom Schweregrad des Schädelhirntraumas abhängig?“

verfasst von / submitted by

Johanna Leher, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

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

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, August 2016

Johanna Leher

Danksagung

Ich bedanke mich bei Frau OA Dr. Inge Gerstorfer dafür, dass sie diese Studie ins Leben gerufen hat und mir die Mitarbeit an dieser Studie ermöglichte.

Ein großer Dank gilt außerdem Claudia Hofmann und Patricia Rühlig, den Diätologinnen des UKH Meidlings, welche mich während meiner gesamten Tätigkeit im UKH Meidling tatkräftig unterstützt haben, denn ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstaatliche Erklärung.....	I
Danksagung.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
1. Einleitung und Fragestellung.....	2
2. Literaturübersicht	5
2.1. Schädel-Hirn-Trauma	5
2.1.1. Schädelfrakturen	5
2.1.2. Hirnverletzungen	5
2.1.3. Hämatome	6
2.1.4. Symptome	6
2.1.5. Diagnostik.....	7
2.1.6. Therapie	8
2.2. Ernährungsstatus	10
2.2.1. Definition Ernährungsstatus	10
2.2.2. Mangelernährung.....	10
2.2.3. Klinische Diagnostik des Ernährungszustandes	11
2.2.3.1. Body-Mass-Index (BMI).....	13
2.2.3.2. Gewichtsabnahme	14
2.2.3.3. Körperzusammensetzung	14
2.2.3.4. Wadenumfang	15
2.2.3.5. Laborchemische Diagnostik.....	15
2.2.3.6. Beurteilung des Ernährungszustandes mittels Scorings.....	18
2.3. Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA)	19
2.3.1. Die Körperkompartimente	19
2.3.2. Messprinzip.....	19
2.3.3. Messparameter	20
2.3.3.1. Resistanz und Reaktanz.....	20
2.3.3.2. Phasenwinkel	21
2.3.3.3. Ganzkörperwasser (TBW)	22

2.3.3.4. Magermasse.....	22
2.3.3.5. Körperfett	23
2.3.3.6. Körperzellmasse (BCM)	23
2.3.3.7. Extrazellulärmasse (ECM)	24
2.3.3.8. ECM/BCM-Ratio	24
2.3.3.9. Zellanteil	24
2.3.4. Anwendungsgebiete	25
2.3.5. Vor- und Nachteile der BIA.....	28
2.3.6. Korrekte Durchführung der Messung.....	28
3. Material und Methoden	31
3.1. Studiendesign	31
3.2. Studienkollektiv.....	31
3.3. Ein- und Ausschlusskriterien.....	31
3.4. Drop-Out-Kriterien.....	32
3.5. Studienablauf.....	32
3.6. Verwendete Geräte	34
3.7. Vitamin D Analytik	34
3.8. Statistische Auswertung	35
4. Ergebnisse und Diskussion.....	36
4.1. Studienpopulation.....	36
4.2. Aufenthaltsdauer	38
4.3. Glasgow Coma Scale (GCS)	41
4.4. Phasenwinkel.....	46
4.5. Alter.....	51
4.6. Einfluss von Körpergröße, Körpergewicht, BMI und Grundumsatz	53
4.7. Vitamin D	56
4.8. Malondialdehyd.....	59
4.9. CRP	61
4.10. Gesamteiweiß	64
4.11. Serumalbumin	66
4.12. Flüssigkeitshaushalt.....	68
4.13. ECM, BCM und ECM/BCM Index.....	74

4.14. FFM und FM	77
4.15. Zellanteil.....	80
4.16. Wadenumfang	81
4.17. Diagnostik der Mangelernährung mittels Ernährungsscreening	82
4.18. Ernährungsscore	87
5. Schlussbetrachtung.....	92
6. Zusammenfassung	97
7. Summary	99
8. Literaturverzeichnis.....	101
9. Anhang	104

Abkürzungsverzeichnis

BCM	Körperzellmasse
BIA	bioelektrische Impedanz Analyse
BMI	Body Mass Index
BUN	Blood Urea Nitrogen, Blut-Harnstoff-Stickstoff
bzw.	beziehungsweise
CHE	Cholesterinesterase
CK	Creatininkinase
cm	Centimeter
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DEXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
ECM	Extrazellulärmasse
ECW	Extrazellulärwasser
GCS	Glasgow Coma Scale
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase
GPT	Glutamat-Pyruvat-Transaminase
HBc-AK	Hepatitis-B-Virus c-Antikörper
HBs-AG	Hepatitis-B-Virus s-Antigen
Hepatitis C-AK	Hepatitis-C-Virus c-Antikörper
HIV Ag-AK Combi	Humane Immundefizienz-Virus Antigen-Antikörper Kombination
ICW	Intrazellulärwasser
INR	International Normalised Ratio
kg	Kilogramm
LDH	Laktatdehydrogenase
MCH	mittlerer korpuskulärer Hämoglobingehalt
MCHC	mittlere Korpuskuläre Hämoglobinkonzentration
MCV	mittleres korpuskuläres Volumen
MDA	Malondialdehyd

MF-BIA	Multifrequenz bioelektrische Impedanz Analyse
MNA	Mini Nutritional Assessment
NMR	Kernspintomographie
NRS	Nutritional Risk Screening
PTT	partielle Thromboplastinzeit
PTZ	Prothrombinzeit
R	Resistanz
SNAQ	Short Nutritional Assessment Questionnaire
TBW	Gesamtkörpermasse
TOBEC	Ganzkörperleitfähigkeitsmessung
UKH	Unfallkrankenhaus
WHR	Taille-Hüft-Quotient
Xc	Reaktanz
Z	Impedanz
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und GCS.....	38
Abbildung 2: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und Gesamteiweiß.....	39
Abbildung 3: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und Wadenumfang.....	40
Abbildung 4: Zusammenhang GCS und CRP.....	43
Abbildung 5: Zusammenhang GCS und Vitamin D	44
Abbildung 6: Zusammenhang GCS und Gesamteiweiß	44
Abbildung 7: Zusammenhang GCS und Serumalbumin.....	45
Abbildung 8: Zusammenhang GCS und Wadenumfang.....	45
Abbildung 9: Zusammenhang Phasenwinkel und Alter.....	47
Abbildung 10: Zusammenhang Malondialdehyd und Wadenumfang	60
Abbildung 11: Zusammenhang CRP und Gesamteiweiß.....	63
Abbildung 12: Zusammenhang CRP und Serumalbumin.....	64
Abbildung 13: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Phasenwinkel.....	83
Abbildung 14: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Serumalbumin	84
Abbildung 15: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Wadenumfang	85
Abbildung 16: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Grundumsatz	86
Abbildung 17: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und FFM in kg.....	86
Abbildung 18: Zusammenhang Score und Aufenthaltsdauer	89
Abbildung 19: Zusammenhang Score und GCS	90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glasgow Coma Scale nach G. Teasdale und B. Jennett 1974.....	7
Tabelle 2: BMI Klassifikation laut WHO	13
Tabelle 3: Auswirkungen des Krankheitsstatus auf die Körperzusammensetzung	26
Tabelle 4: Berechnungsformeln für zusätzliche Variablen.....	36
Tabelle 5: Charakteristika der Gruppen	37
Tabelle 6: Korrelationen der Aufenthaltsdauer mit GCS, Gesamteiweiß und Wadenumfang	38
Tabelle 7: Beschreibung des Studienkollektivs nach Schweregrad des Schädelhirntraumas	41
Tabelle 8: Korrelationen des GCS mit der Aufenthaltsdauer, Laborparametern und dem Wadenumfang	42
Tabelle 9: Korrelationen des Phasenwinkels mit weiteren gemessenen Parametern.....	46
Tabelle 10: Korrelationen des Alters mit Parametern der Körperzusammensetzung	51
Tabelle 11: Korrelationen der Körpergröße mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz	53
Tabelle 12: Korrelationen des Körpergewichts mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie BMI, Grundumsatz und Wadenumfang	54
Tabelle 13: Korrelationen des BMI mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie Gewicht und Grundumsatz.....	55
Tabelle 14: Korrelationen des Grundumsatzes den anthropometrischen Parametern und den Parametern der Körperzusammensetzung	55
Tabelle 15: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Vitamin-D-Konzentrationen	56
Tabelle 16: Korrelationen des Vitamin D mit weiteren gemessenen Parametern	57
Tabelle 17: Korrelationen des Malondialdehyd mit dem Wadenumfang	60
Tabelle 18: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der CRP-Konzentrationen ...	62
Tabelle 19: Korrelationen des CRP mit weiteren Analyseparametern der vorliegenden Studie	63
Tabelle 20: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Gesamteiweiß-Konzentration.....	65
Tabelle 21: Korrelationen des Gesamteiweiß mit weiteren gemessenen Parametern.....	65

Tabelle 22: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Serumalbumin-Konzentrationen	67
Tabelle 23: Korrelationen des Serumalbumins mit weiteren Stoffwechselfparametern ..	67
Tabelle 24: Korrelationen des ECW (Prozent und in Liter) mit Parametern der Körperzusammensetzung, anthropometrischen Parametern sowie dem Alter und dem Grundumsatz	69
Tabelle 25: Korrelationen des TBW (Prozent und Liter) mit Parametern der Körperzusammensetzung, anthropometrischen Parametern sowie dem Grundumsatz und Laborparametern	70
Tabelle 26: Korrelationen der WB mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter.....	71
Tabelle 27: Korrelationen der ECM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz	74
Tabelle 28: Korrelationen der BCM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz	75
Tabelle 29: Korrelationen der BCM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter	75
Tabelle 30: Korrelationen des ECM/BCM Index mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter.....	77
Tabelle 31: Korrelationen der FFM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz	78
Tabelle 32: Korrelationen der FFM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß.....	78
Tabelle 33: Korrelationen der FM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung, dem Grundumsatz sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß.....	79
Tabelle 34: Korrelationen der FM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß.....	79
Tabelle 35: Korrelationen des Zellanteils mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter	80

Tabelle 36: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand des Wadenumfangs	81
Tabelle 37: Korrelationen des Wadenumfangs mit weiteren Analyseparametern der vorliegenden Studie.....	82
Tabelle 38: Korrelationen der Ergebnisse der Ernährungsscreenings mit weiteren gemessenen Parametern	82
Tabelle 39: Korrelationen des Ernährungsscores mit anderen erhobenen Messgrößen .	87
Tabelle 40: Zusammenfassung der signifikanten Korrelationen	94

1. Einleitung und Fragestellung

Das Schädelhirntrauma stellt ein globales gesundheitliches und sozioökonomisches Problem dar, da es die häufigste Ursache für Tod und Behinderungen bei Menschen im Alter von 15 bis 30 Jahren ist. Nachdem das Gehirn der funktionelle Regulator für die metabolische Aktivität ist, kann bei Schädelhirntrauma-PatientInnen ein komplexes Milieu von metabolischen Veränderungen bestehend aus hormonellen Veränderungen, einem veränderten zellulären Metabolismus und einer proinflammatorischen Kaskade auftreten (Wang et al., 2013).

Die dieser Masterarbeit zugrunde liegende prospektive Pilotstudie wurde unter dem Projekttitel „Monitoring der Muskelmasse bei Schädelhirntrauma-PatientInnen“ gestartet, da Schädelhirntraumata nicht nur in der Behandlung der Verletzung, sondern auch im Entgegensteuern einer inflammationsbedingten Katabolie eine große Herausforderung darstellen. Die Vermeidung beziehungsweise Reduktion der Katabolie, zur Verbesserung des Outcomes im Sinne einer rasch einsetzenden Regeneration und dem Vermindern von Folgekomplikationen, ist bei Schädelhirntrauma-PatientInnen von höchster Priorität. Dazu werden gezielte ernährungstherapeutische Maßnahmen in Form von einer bedarfsgerechten Nährstoffzufuhr mit eventueller Gabe von Supplementen und einer möglichst frühzeitigen Nutzung des Gastrointestinaltraktes und des Resorptionssystems verwendet. Eine der wichtigsten Säulen der Katabolieprävention stellt jedoch die genaue und verlässliche Abklärung des metabolischen und nutritiven Patientenzustandes dar.

Die Beurteilung des Ernährungszustandes ist gerade bei hospitalisierten PatientInnen bedeutend, da eine Mangelernährung mit einer erhöhten Rate von Komplikationen, wie nosokomialen Infektionen, einer höheren Mortalität und einer längeren Aufenthaltsdauer im Krankenhaus assoziiert ist (Correia & Waitzberg, 2003). Die Prävalenz der Mangelernährung ist nicht nur abhängig vom untersuchten Kollektiv, sondern auch von den verwendeten Diagnosetools. Neben den bekannten Tools, wie Ernährungsscreenings und Laborparametern, wurde in letzter Zeit immer häufiger die bioelektrische Impedanz Analyse verwendet, um das Risiko für Mangelernährung einzuschätzen. In einer Studie

von Kyle et al. konnte eine signifikante Assoziation zwischen einem geringen Phasenwinkel und dem Risiko einer Mangelernährung sowie einer längeren Aufenthaltsdauer und dem Nicht-Überleben festgestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass der Phasenwinkel ein aussagekräftiger Parameter zur Beurteilung des Ernährungsstatus bei der Krankenhausaufnahme ist (Kyle, Genton, & Pichard, 2013).

Neben dem Phasenwinkel könnte die Körperzellmasse (BCM) ein Marker in der Beurteilung des Ernährungszustandes bei kritisch kranken PatientInnen sein, da sich eine kritische Erkrankung schwerwiegend auf die Körperzusammensetzung und vor allem auf die Körperzellmasse auswirkt und eine Abnahme der BCM den Verlust der Magermasse reflektiert (Savalle et al., 2012).

Obwohl gerade im Bereich des akuten Traumas in der wissenschaftlichen Literatur noch über die Eignung der BIA als diagnostisches, beziehungsweise Monitoring Instrument diskutiert wird, hat sich die routinemäßige und wiederholte Durchführung der BIA bei Trauma-PatientInnen im Unfallkrankenhaus (UKH) Meidling in den letzten Jahren bewährt. Neben den probaten Indikatoren Gesamteiweiß, Body Mass Index (BMI) und C-reaktives Protein (CRP) für die Diagnostik der Katabolie und die Beurteilung des Inflammationsgeschehens hat sich der Nutzen der BIA nicht nur in der Beurteilung des metabolischen und nutritiven Patientenzustandes sondern auch in der Erstellung von Prognosen und Therapievorschlügen gezeigt.

Zweck der gegenständlichen Pilotstudie war es, mehr Informationen über die Vergleichbarkeit der Aussagen diverser Parameter für die Beurteilung von Muskelmasse und Ernährungszustand bei PatientInnen mit Schädelhirntrauma unterschiedlichen Stress- und Schweregrades zu erhalten, um somit weitere Verbesserungen für das diagnostische Verlaufsbeobachtungsinstrumentarium und die ernährungstherapeutischen Ansätze in der Behandlung von Schädelhirntrauma-PatientInnen zu liefern.

Im Zuge dieser Masterarbeit sollen folgende Forschungsfragen geklärt werden:

- Ist die Aufenthaltsdauer bei Schädelhirntrauma-PatientInnen vom Schweregrad des Schädelhirntraumas oder vom Ernährungsstatus bei der Aufnahme abhängig?
- Korreliert der Schweregrad des Schädelhirntraumas mit dem Phasenwinkel, dem Marker der Katabolie der BIA?
- Ist ein schweres Schädelhirntrauma mit einem schlechteren Ernährungsstatus assoziiert?
- Korrelieren die ernährungsspezifischen Parameter für die Diagnostik des Ernährungsstatus mit den BIA-Parametern?

2. Literaturübersicht

2.1. Schädel-Hirn-Trauma

Ein Schädel-Hirn-Trauma bezeichnet eine Verletzung und/oder eine Funktionsstörung des Gehirns, welche durch eine äußere Gewalteinwirkung entstanden ist und mit einer Prellung oder Verletzung des knöchernen Schädels und seiner benachbarten Strukturen einhergeht (Van Aken, Reinhart, Welte, & Weigand, 2014).

Bei derartigen traumatischen Beschädigungen des Schädels werden verschiedene Arten unterschieden.

2.1.1. Schädelfrakturen

Der knöcherne Schädel bietet dem Gehirn Schutz vor äußeren Gewalteinwirkungen. Durch die Überschreitung der Elastizitätsgrenzen des Knochens kommt es zu Schädelfrakturen - je nach Form und Lokalisation werden die Frakturen in weitere Untergruppen eingeteilt - bei den StudienteilnehmerInnen wurden vor allem Schädelbasisfrakturen, Gesichtsschädelfrakturen und Mittelgesichtsfrakturen beobachtet.

Bei Schädelbasisfrakturen kommt es zur Verletzung der knöchernen Strukturen der vorderen, mittleren oder hinteren Schädelgrube an der Schädelbasis.

Gesichtsschädelfrakturen treten am Ober- beziehungsweise Unterkiefer, am Kiefergelenk, am Joch-, Nasen- und Siebbein sowie an den Orbitawänden auf.

Mittelgesichtsfrakturen können den Oberkieferknochen, die knöcherne Nase sowie das ganze Mittelgesichtsskelett betreffen (Delank & Gehlen, 2006).

2.1.2. Hirnverletzungen

Bei den StudienteilnehmerInnen zeigten sich vor allem Gehirnerschütterungen (=commotio cerebri) und Gehirnprellungen beziehungsweise –quetschungen (=contusio cerebri).

Diese beiden Verletzungen zählen zu den gedeckten Hirnverletzungen, da die Hirnhaut noch intakt ist. Des Weiteren zählen sie zu der Gruppe der primären Hirnverletzungen, da ihre Entstehung eine unmittelbare Folge der Gewalteinwirkung ist. Bei einigen PatientInnen wurden außerdem epidural beziehungsweise subdural Hämatome beobachtet, welche einen traumatogenen Hirndruck (=compressio cerebri) zur Folge haben können, der wiederum zur Gruppe der sekundären Hirnverletzungen zählt.

Eine Gehirnerschütterung wird durch eine mechanische Einwirkung auf das Gehirn verursacht und ist eine akute, jedoch voll reversible Hirnfunktionsstörung ohne morphologische Veränderungen.

Bei einer Gehirnprellung beziehungsweise –quetschung kommt es zu einer Schädigung der Hirnsubstanz. Diese kann sowohl als gedeckte als auch als offene Verletzung, das heißt inklusive Verletzung der Dura, auftreten (Delank & Gehlen, 2006).

2.1.3. Hämatome

Durch ein Trauma verursachte Hämatome können sowohl intrazerebral, epidural oder subdural auftreten, wobei sich häufig mehrere Hämatome an verschiedenen Stellen bilden.

Ein traumatisches intrazerebrales Hämatom tritt im Schläfen- oder Stirnbereich auf und geht mit einer intrakraniellen Drucksteigerung und neurologischen Symptomen einher.

Ein epidurales Hämatom tritt in Folge einer arteriellen Blutung auf und stellt bei einem frischen Schädelhirntrauma eine akut lebensbedrohliche Komplikation dar.

Ein subdurales Hämatom entsteht durch eine Sickerblutung von verletzten venösen Gefäßen zwischen der Dura und den weichen Hirnhäuten. Im Vergleich zu epiduralen Hämatomen erfolgt die Entstehung langsamer und die Symptome treten erst Wochen beziehungsweise Monate nach dem Trauma auf. Auf Grund der ähnlichen Symptomatik werden subdurale Hämatome bei älteren Patienten häufig fälschlicherweise als Schlaganfall diagnostiziert (Delank & Gehlen, 2006).

2.1.4. Symptome

Bei einem Schädelhirntrauma zeigen sich durch die globale Beeinträchtigung Bewusstseinsstörungen bis hin zum Bewusstseinsverlust. Hinweis auf ein Schädel-Hirn-Trauma liefert vor allem der Unfallhergang, denn oft sind Schläge oder Stürze die Ursache eines solchen Traumas. Als Symptome zeigen sich oft sichtbare Verletzungen, Bewusstseinsstörungen, Amnesie und Kopfschmerzen (Hamp & Weidenauer, 2010).

Hirnverletzungen führen außerdem zu Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Schwindel, Kreislauf labilität und Konzentrationsstörungen. Diese Beschwerden können häufig auch noch Wochen und Monate nach der Verletzung auftreten. Bei Hirnsubstanzschädigungen können des Weiteren noch Störungen der Elementarfunktionen (Antrieb, Wahr-

nehmung und Denken), Verwirrtheit, Unruhe, Halluzinationen sowie amnestische Lücken und neurologische Ausfälle auftreten.

Bei Hämatomen werden neurologische Beeinträchtigungen und Lähmungserscheinungen in Folge der Kompression einer Hirnhälfte beobachtet. Kommt es bei einem leichten Schädelhirntrauma zur Bildung eines Hämatoms, äußert sich dies in einer progredienten Bewusstseinstörung und Zustandsverschlechterung (Delank & Gehlen, 2006).

2.1.5. Diagnostik

Neben einer klinisch neurologischen Untersuchung werden vor allem die Computertomographie (CCT) und die Magnetresonanztomographie (MRT) eingesetzt, um das akute zerebrale Geschehen darzustellen. Mit diesen Untersuchungsmethoden können akute Blutungen und im Falle der Magnetresonanztomographie auch Insulte schnell und sicher diagnostiziert und lokalisiert werden. (Hamp & Weidenauer, 2010)

Für die Beurteilung der Bewusstseinslage wird vor allem der „Glasgow Coma Scale“ kurz GCS verwendet (Delank & Gehlen, 2006).

An Hand des GCS werden die Reaktionen „Augen öffnen“, „beste motorische Reaktion“ und „beste verbale Reaktion“ an den PatientInnen getestet und anschließend mit Punkten - nach G. Teasdale und B. Jennett (1974) – (Minimum 3 Punkte, Maximum 15 Punkte) bewertet. Dieses Beurteilungsschema wird in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Glasgow Coma Scale nach G. Teasdale und B. Jennett 1974

	Punkte
1. Augen öffnen	
• spontan	4
• nach Ansprechen	3
• nach Schmerzreiz	2
• fehlend	1
2. beste motorische Reaktion	
• folgt Aufforderungen	6
• gezielte Reaktion auf Schmerzreiz	5

• normale Beugungsmechanismen	4
• atypische Beugereaktionen	3
• Streckmechanismus	2
• fehlend	1
3. beste verbale Reaktion	
• orientiert	5
• konfuse Antwort	4
• inadäquate Worte	3
• unverständliche Laute	2
• fehlend	1

Der „Glasgow Coma Scale“ ermöglicht außerdem eine Klassifikation des Schweregrades des Schädelhirntraumas:

- GCS 13-15 = leichtes Schädelhirntrauma
- GCS 9-12 = mittelschweres Schädelhirntrauma
- GCS 3-8 = schweres Schädelhirntrauma

(Van Aken et al., 2014)

2.1.6. Therapie

Bei leichten Hirnverletzungen erfolgt die Therapie in Form von Bettruhe und Kreislaufstabilisation. Bei schweren Gehirnverletzungen ist eine sofortige Therapie besonders wichtig. Dazu zählen das Freihalten der Atemwege, eine rasche Stabilisierung der Kreislaufverhältnisse, die Stabilisierung der vegetativen Regulation sowie eine Ödemprophylaxe.

Hämatome müssen operativ therapiert werden, sofern die Blutung nicht von selbst zum Stillstand kommt (Delank & Gehlen, 2006).

Die Funktion des Gehirns als Regulator der metabolischen Aktivität führt zu einem komplexen Milieu von metabolischen Veränderungen, bestehend aus hormonellen Veränderungen, einem abweichendem zellulären Metabolismus und einer heftigen zerebralen und systemischen Entzündungsantwort, mit dem Bestreben Substrate für den beschädigten Zellmetabolismus freizusetzen. Das Ausmaß dieses hypermetabolischen Status

ist proportional zur Schwere der Verletzung. Das Resultat dieser Veränderungen ist ein systemischer Katabolismus, der zur Hyperglykämie, Proteinverlust und einem erhöhten Energiebedarf führt. Jeder dieser Faktoren tritt in so überwältigender Weise auf, dass sie zur Morbidität des Schädelhirntraumas beitragen. Eine effiziente Ernährungsbereitstellung kann eine große Rolle in der Abschwächung der katabolen Antwort und der Minimierung von schädlichen Folgen des verlängerten Hypermetabolismus spielen (Cook, Peppard, & Magnuson, 2008).

Die PatientInnen schaffen es häufig nicht, den Bedarf durch orale Zufuhr zu decken, weswegen andere Methoden notwendig sind. Die Methode und der Zeitpunkt der Ernährungsunterstützung können jedoch variieren. Der Beginn der Ernährungsunterstützung kann sofort nach der Verletzung erfolgen, oder nachdem die Funktionsfähigkeit des Verdauungssystems gewährleistet wurde. Bei der Ernährungsunterstützung wird zwischen enteraler und parenteraler Ernährung unterschieden. Enterale Ernährung wird mittels eines Schlauchs durch Mund oder Nase, der so in Magen oder Dünndarm gelangt, bereitgestellt. Parenterale Ernährung bietet eine Alternative, bei der die Nährstoffe intravenös zugeführt werden, was mit einer geringeren Rate an infektiösen Komplikationen einhergeht (Perel et al., 2008).

Eine enterale Ernährung wird für Schädelhirntrauma-PatientInnen häufig bevorzugt. Laut Cook et al. (2008) wird ein früher Beginn der enteralen Ernährung bevorzugt, jedoch werden weniger genaue Empfehlungen für die Zusammensetzung der Nahrung angegeben. Die Ernährungstherapie sollte aber exakte Ziele für die Flüssigkeitszufuhr und das Monitoring der Elektrolyte beinhalten, um extreme Flüssigkeits-, Elektrolyt- oder Glukoseschwankungen zu vermeiden, welche schädlich für die PatientInnen sein könnten (Cook et al., 2008).

Ein rechtzeitiger Beginn der Ernährungstherapie ist entscheidend, um den erhöhten Energiebedarf zu decken und die Entstehung einer Mangelernährung und anderer Komplikationen möglichst zu verhindern. In einem Review von Perel et al. (2008) wurde vorgeschlagen, dass ein früher Beginn der Ernährungsunterstützung mit einer geringeren Rate an Infektionen und einem besseren Outcome im Sinne von Überleben und spä-

terer Behinderung einhergehen könnte. Jedoch gibt es zu diesem Thema noch zu wenige Untersuchungen, um eine generelle Empfehlung abgeben zu können (Perel et al., 2008).

2.2. Ernährungsstatus

2.2.1. Definition Ernährungsstatus

Der Ernährungsstatus beziehungsweise Ernährungszustand gibt an, ob ein Patient mangelernährt, normal ernährt oder überernährt ist. Ein adäquater Ernährungszustand basiert auf einer ausreichenden Nahrungsaufnahme und deren Regulationsmechanismen. Der Ernährungszustand ist darüber hinaus abhängig von der Energieaufnahme, sowie der Nährstoff- und Flüssigkeitszufuhr. Er bezeichnet die Bilanz der Aufnahme und des Verbrauchs der Nahrungsenergie und der essentiellen Nährstoffe (Hackl, 2003).

Der Ernährungszustand bestimmt z.B. die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, die Stoffwechseltätigkeit aber auch die Immunabwehr. Eine Mangel- beziehungsweise Fehlernährung hat Einfluss auf die Körperfunktion und gilt als gefährliche Komplikation bei Krankheiten und operativen Eingriffen. Durch eine Optimierung des Ernährungszustandes kann eine geringere Anzahl an Komplikationen, ein verbesserter Gesundheitszustand und somit eine schnellere Rekonvaleszenz erzielt werden (Müller, 2011).

Für die Bestimmung des Ernährungszustandes gibt es keinen Goldstandard und es existieren keine allgemein anerkannten Parameter. Verschiedene Messgrößen ermöglichen die Beurteilung verschiedener Aspekte des Ernährungszustandes (Pirlich, Schwenk, & Müller, 2003).

Diese Messgrößen werden in späteren Kapiteln der Arbeit noch genauer beschrieben.

2.2.2. Mangelernährung

Die Begriffe Mangelernährung beziehungsweise Malnutrition beschreiben einen mangelhaften Ernährungszustand, wobei hier nicht differenziert wird, ob die Mangelernährung durch ein Energiedefizit oder Substratdefizit bedingt ist. Die Ursache kann sowohl durch eine verminderte Zufuhr, einen erhöhten Verbrauch oder durch vermehrte Verlus-

te bedingt sein. Die Folgen davon sind der Abbau der endogenen Reserven und schlussendlich die Ausbildung einer Mangelernährung (Hackl, 2003).

Es konnte gezeigt werden, dass eine Mangelernährung zu einer Verlängerung der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus, einer erhöhten Rate von Komplikationen wie z.B. Infektionen und einer höheren Mortalität führt (Correia & Waitzberg, 2003).

Ziel der Therapie einer Mangelernährung soll es sein, einen Gleichgewichtszustand zwischen Bedarf und Verbrauch herzustellen. Für eine rechtzeitige Therapie der Mangelernährung und das Verhindern der damit einhergehenden Komplikationen ist die frühzeitige Erkennung daher entscheidend (Hackl, 2003).

Es existiert keine einheitliche Nomenklatur für die Definition von Fehl- beziehungsweise Mangelernährung in der klinischen Praxis. Verschiedene Begriffe werden in der deutschsprachigen Literatur unterschiedlich verwendet und auch interpretiert (Pirlich et al., 2003).

Eine dieser Definitionen verwendet den Begriff Fehlernährung als Oberbegriff und nimmt dann eine weitere Unterteilung in Unterernährung und Mangelernährung vor. Eine Unterernährung ist durch verringerte Energiespeicher gekennzeichnet. Bei einer Mangelernährung werden wiederum drei verschiedene Arten unterschieden. Eine krankheitsassoziierte Mangelernährung wird durch einen signifikanten Gewichtsverlust mit Zeichen der Krankheitsaktivität definiert. Ein Eiweißmangel bezeichnet eine Verringerung des Körpereiwweißbestandes und bei einem spezifischen Nährstoffmangel besteht ein Defizit an essentiellen Nährstoffen, wie Vitaminen, Spurenelementen, Mineralstoffen, Wasser und essentiellen Fettsäuren (Pirlich et al., 2003).

2.2.3. Klinische Diagnostik des Ernährungszustandes

Die Beurteilung des Ernährungszustandes kann sowohl mittels einer Anamnese zum Beispiel unter Verwendung von Screenings, aber auch mittels diagnostischer Verfahren wie Anthropometrie (Körpergröße, Körpergewicht, BMI, BIA) und Laborparameter (Serumalbumin, Gesamteiweiß) erfolgen. Idealerweise wird eine Kombination beider Verfahren verwendet. Bei der Beurteilung des Ernährungszustandes soll auf folgende drei Hauptkomponenten geachtet werden: die Bewertung der Krankheitsschwere und der Nahrungszufuhr, die Beurteilung des Körpergewichtes und der Körperzusammen-

setzung und die Evaluation der Organ- beziehungsweise Körperfunktionen. Geeignete Parameter für die sensitive und spezifische Erfassung des Ernährungsstatus sollen leicht, mit einem möglichst geringen zeitlichen und technischen Aufwand anwendbar, rasch statistisch verwertbar und nicht zu kostenintensiv sein (Hackl, 2003).

Die Anamnese bildet die Basis für die Erfassung des Ernährungszustandes, jedoch stellt sie eine subjektive Kenngröße dar, die von der Erinnerung des Patienten und der Einschätzung des Untersuchers abhängig ist. Aus diesem Grund werden zusätzlich zu einer Anamnese noch andere objektive Messmethoden verwendet, um den Ernährungsstatus zu bestimmen. Bei den objektiven Messmethoden kann man direkte, indirekte und doppelt indirekte Methoden unterscheiden (Müller, 2011).

Direkte Methoden sind eine post-mortem-Analyse und eine Neutronenaktivierung. Sie sind durch ihre Nichtanwendbarkeit am lebenden Menschen jedoch von geringer Praktikabilität. Indirekte Methoden liefern eine relativ hohe Messgenauigkeit in der klinischen Ernährungstherapie. Zu ihnen zählen Densitometrie, Verdünnungstechniken, ⁴⁰K-Zählung, Computertomographie (CT), Kernspintomographie (NMR) und Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA). Letzteres gilt neben der Hydrodensitometrie, der Unterwasserwägung, als Goldstandard. Die meisten dieser Methoden sind jedoch teuer, aufwändig in der Anwendung und nicht bei allen Personen anwendbar. Doppelt indirekte Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Alltag leicht einsetzbar sind. Basis für die doppelt indirekten Methoden sind statistische Zusammenhänge von Daten, die durch direkte und indirekte Methoden erhoben wurden. Doppelt indirekte Methoden sind ungenauer als die anderen Methoden, weswegen die Messungen von demselben Untersucher und als Mehrfachmessung durchgeführt werden sollten. Zu den doppelt indirekten Methoden zählen Anthropometrie (Broca-Formel, BMI, Hautfaldendicke, Taille-Hüft-Quotient (WHR)), Infrarot-Absorptionsspektrometrie, Ultraschallmessungen, Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), Ganzkörperleitfähigkeitsmessung (TO-BEC) und Laborparameter (Serumproteine, Kreatinin) (Müller, 2011).

Eine Studie von Kondrup et al. (2002) zeigte, dass ca. 20 Prozent der im Krankenhaus stationär behandelten PatientInnen, ein Mangelernährungsrisiko aufweisen und über-

dies, dass nur ein Viertel von diesen PatientInnen eine adäquate Energie- und Proteinzufuhr erhält (Kondrup et al., 2002).

Dadurch dass es keine einheitlichen Kriterien für die Definition und die Diagnostik der Mangelernährung gibt, kommt es oft zu teilweise sehr unterschiedlich hohen Prävalenzraten. Diese Schwankungen der Raten sind durch die verschiedenen verwendeten Diagnoseinstrumente zu erklären (Pirlich, 2004).

Einige dieser Diagnoseinstrumente werden in den nächsten Kapiteln der Arbeit näher beschrieben.

2.2.3.1. Body-Mass-Index (BMI)

Der BMI gilt heutzutage als Standardmethode zur Beurteilung des Ernährungszustandes und ist der Quotient des Körpergewichtes und der quadrierten Körpergröße ($\text{BMI} = \text{Körpergewicht in kg} / \text{Körpergröße}^2 \text{ in m}$). Der BMI steht in Zusammenhang mit der Mortalität und es wurde gezeigt, dass ein BMI von $>30 \text{ kg/m}^2$ beziehungsweise $<18,5 \text{ kg/m}^2$ zu einer deutlich höheren Mortalität führt (Hackl, 2003).

Die WHO hat folgende Normwerte für den BMI empfohlen, welche in Tabelle 2 dargestellt sind.

Tabelle 2: BMI Klassifikation laut WHO

Klassifikation	BMI (kg/m^2)
Normalgewicht	Männer: 20,5–25 kg/m^2 Frauen: 18,7–23,8 kg/m^2 Ältere Menschen: 18,5–27,5 kg/m^2
Übergewicht	$> 25 \text{ kg/m}^2$
Adipositas	$> 30 \text{ kg/m}^2$
Krankhafte Adipositas	$> 40 \text{ kg/m}^2$
Klärungsbedürftige Malnutrition	16,5–18,5 kg/m^2
Ausgeprägte Malnutrition	$< 16 \text{ kg/m}^2$

Laut WHO ist die Mangelernährung an Hand des BMI messbar. In der westlichen Welt ist es aber immer schwieriger eine Mangelernährung nur mittels BMI zu diagnostizie-

ren, da der BMI bei einer krankheitsassoziierten Mangelernährung noch immer über dem Grenzwert liegen kann (Pirlich, 2004).

Zudem ist es bei IntensivpatientInnen auf Grund von Flüssigkeitsverteilungen und Ödemen oft schwierig das Körpergewicht zu beurteilen (Hackl, 2003).

2.2.3.2. Gewichtsabnahme

Die Gewichtsabnahme wird als valider Parameter für die Beurteilung des Ernährungsstatus verwendet und kommt häufig in Ernährungsbeurteilungen vor. Ursachen für eine Gewichtsabnahme können veränderte Stoffwechselbedingungen, ein gesteigerter Energieverbrauch durch die Katabolie oder Malabsorptionsstörungen sein. In der Regel wird die Gewichtsabnahme in Prozentwerten angegeben und auf einen bestimmten Zeitraum, meistens drei Monate, bezogen. Eine schwere Mangelernährung liegt bei einer Gewichtsabnahme von über 10 Prozent vor. Ein Gewichtsverlust von 10-20 % vor einer Operation geht mit einer höheren Sterblichkeit einher, wobei eine Gewichtszunahme vor dem Krankenhausaufenthalt mit einem positiven Ergebnis assoziiert wird (Hackl, 2003).

Eine unbeabsichtigte Gewichtsabnahme wird bei PatientInnen, welche formal noch übergewichtig sind, im Vergleich zum BMI als geeigneteres Diagnosekriterium für eine Mangelernährung betrachtet. Jedoch kann eine Mangelernährung auch ohne sichtbare Änderung der Körpermaße eintreten, wenn es zum Beispiel zu Veränderungen in der Körperzusammensetzung kommt (Pirlich, 2004).

2.2.3.3. Körperzusammensetzung

Durch die Untersuchung der Körperzusammensetzung kann eine differenziertere Aussage über den Ernährungsstatus und somit eine frühzeitige Diagnostik einer Fehlernährung ermöglicht werden. Da die Klassifikation des BMI häufig nicht für die Bestimmung des Ernährungszustandes ausreicht, kann auf die Verwendung einer bioelektrischen Impedanz Analyse zurückgegriffen werden. Diese Messmethode ermöglicht Aussagen über die Menge der fettfreien Masse, des Fettgewebes und des Körperwassers. Die BIA ist eine einfache und nichtinvasive Methode, um die Körperzusammensetzung abzuschätzen. Sie beruht darauf, dass Wechselstromwiderstand und Flüssigkeitsgehalt im menschlichen Körper in einem Zusammenhang stehen (Hackl, 2003).

In später folgenden Kapiteln wird noch näher auf die Methodik der bioelektrischen Impedanz Analyse und ihre Bedeutung für die Beurteilung des Ernährungszustandes eingegangen.

BIA-Messungen bei IntensivpatientInnen sollten unter standardisierten Bedingungen (z.B.: frisch gebetteter Patient/ frisch gebettete Patientin) stattfinden, um mögliche Fehlerquellen auszuschließen. Die Ergebnisse sollten nicht einzeln, sondern in Kombination mit anderen Daten betrachtet werden. Extreme Werte des Phasenwinkels ($<0,5^\circ$ und $>10^\circ$) führen zu unglaublichen Messergebnissen (Hackl, 2003).

Für eine korrekte Diagnostik der Mangelernährung mittels Körperzusammensetzungsmessungen sollte ähnlich wie bei Laborwerten ein Normbereich für die unterschiedlichen Werte der Körperzusammensetzung definiert werden (Pirlich, 2004).

2.2.3.4. Wadenumfang

Neben den schon erwähnten anthropometrischen diagnostischen Verfahren für die Beurteilung des Ernährungszustandes wie Körpergröße, Körpergewicht, BMI und Körperzusammensetzung kann auch der Wadenumfang für die Diagnostik einer Mangelernährung verwendet werden. Ein Wadenumfang von unter 31 cm wird bei älteren Personen als Hinweis für eine Sarkopenie und als Marker für eine länger andauernde Unterernährung gesehen (Frühwald et al., 2013).

2.2.3.5. Laborchemische Diagnostik

Biochemische und immunlogische Parameter ermöglichen eine genauere Einschätzung des Ernährungszustandes und vor allem der Substratressourcen. Die Ergebnisse müssen aber immer in Bezug zu der zugrunde liegenden Krankheit gestellt werden, da sie durch diese beeinflusst werden können. Bei den zur Verfügung stehenden Parametern handelt es sich um Blutglukose, Triglyceride und Cholesterin, Aminosäuren, Elektrolyte, Spurenelemente, Vitamine sowie Plasmaproteine (Hackl, 2003).

Im Folgenden wird näher auf die Gruppe der Plasmaproteine und der Vitamine eingegangen, da diese in der Studie des UKH Meidling zur Beurteilung des Ernährungszustandes verwendet wurden.

Plasmaproteine

Die Konzentration der Plasmaproteine wird durch eine Mangelernährung dahingehend beeinflusst, dass für deren Synthese in der Leber Aminosäuren und Energie benötigt werden. Das Serumalbumin wird als valider Parameter für die Beurteilung des Ernährungsstatus angesehen. Die Konzentration des Serumalbumins reagiert rasch auf Veränderung des Ernährungszustandes, sodass bei einem Mangelernährungszustand ein starker Abfall der Serumalbumin-Konzentration beobachtet werden kann. Mit Beginn einer ausreichenden Ernährung steigt diese Konzentration aber rasch wieder an. Der Grenzwert für einen klinisch bedeutsamen Eiweißmangel liegt bei 30-35 g/l. Durch Flüssigkeitsverschiebungen kann die Aussagekraft des Serumalbumins gemindert werden und darum sollte es nicht alleine betrachtet werden. Das Gesamteiweiß kann als Ersatzparameter für das Serumalbumin dienen, da eine Korrelation zwischen beiden Parameter besteht. Der Referenzbereich der Gesamteiweißkonzentration im Plasma liegt bei 6,5-8,5 g/dl. Ein weiterer sensibler Parameter ist das kurzlebige Plasmaprotein Präalbumin, das eine sehr kurze Halbwertszeit von 2 Tagen im Vergleich zu einer Halbwertszeit von 21 Tagen des Albumins besitzt, jedoch nicht standardmäßig bestimmt wird (Hackl, 2003).

Das Akutphaseprotein CRP zählt zu den kurzlebigen Plasmaproteinen und wird durch die Grunderkrankung zum Beispiel eine Infektion beeinflusst (Hackl, 2003).

Das C-reaktive Protein wird in der klinischen Diagnostik als Entzündungsparameter verwendet. Der Normalwert liegt bei < 10 mg/l (Horn, 2015).

CRP dient dazu, um die Ursache von Entzündungen herausfinden zu können und deren Verlauf zu verfolgen. Bei bakteriellen Entzündungen kommt es zu einem sehr hohen CRP Anstieg, wohingegen virale Infektionen kaum zu einem Anstieg führen. Das CRP gehört zur Gruppe der Akute-Phase-Proteine, die in der Leber synthetisiert werden, sobald inflammatorische Zytokine dorthin gelangen (Horn, 2015).

Ein Abfall sämtlicher Parameter zeigt sich bei Vorliegen einer Mangelernährung sowie bei gestörten Organfunktionen durch Stress, Trauma oder Operationen. Ein Anstieg der Akutphaseproteine ist Zeichen einer Entzündung, weswegen das CRP als Marker für Entzündungsprozesse gilt. Nach Ende des Entzündungsprozesses zeigt sich ein Rückgang dieser Marker (Hackl, 2003).

Vitamine

Bei Mangelzuständen treten außerdem niedrige Werte der Vitamine C, D, E, K, Niazin und Pyridoxin auf. Besonders bei alten mangelernährten PatientInnen können klinische Mangelsymptome beobachtet werden. Vitamine erlauben jedoch nur indirekt eine Aussage über den Ernährungszustand, da sie stark von der hormonellen Regulation und der Stoffwechselsituation abhängig sind und sich die einzelnen Reserven unterscheiden. Außerdem können durch die Analyse der Blutkonzentrationen eventuelle Mangelzustände in den Geweben oder Zellen nicht nachgewiesen werden (Hackl, 2003).

Im UKH Meidling werden folgende Laborparameter routinemäßig erhoben:

- **Blutbild:**

- Leukozyten
- Erythrozyten
- Hämoglobin
- Hämatokrit
- MCV
- MCH
- MCHC
- Thrombozyten
- Neutrophile Granulozyten
- Lymphozyten
- Monozyten
- Eosinophile Granulozyten
- Basophile Granulozyten

- **Gerinnungsstatus:**

- PTZ
- INR
- PTT
- Fibrinogen
- Antithrombin III

- **Klinische Chemie:**

- Natrium
- Kalium
- Calcium gesamt
- Chlorid
- Blutzucker
- BUN
- Kreatinin
- Gesamteiweiß
- Serumalbumin
- GFR

- **Leberfunktion:**

- Bilirubin gesamt
- GOT
- GPT
- GGT
- Alkalische Phosphatase
- CHE
- LDH
- CK
- Pankreas Amylase
- Lipase

- **Rheumaserologie:**

- CRP

- **Hepatitisserolog:**

- HBs-AG
- HBc-AK
- Hepatitis C-AK

- **HIV-Test:**

- HIV Ag-AK Combi

2.2.3.6. Beurteilung des Ernährungszustandes mittels Scorings

Für eine leichtere Beurteilung des Ernährungszustandes und eine Vergleichbarkeit werden Scorings verwendet. Eine Mangelernährung wird häufig an Hand von einzelnen Parametern wie BMI und Serumalbumin definiert, jedoch werden bei Scorings verschiedene Parameter gemeinsam betrachtet. Der Nachteil einiger Scorings liegt oft im Aufwand der verwendeten Parameter und in der schwierigen praktischen Umsetzung im klinischen Alltag (Hackl, 2003).

Bei der Verwendung von Scorings werden häufig Schwankungen in der Anzahl der mit Mangelernährung diagnostizierten PatientInnen beobachtet. Ein Score basierend auf einem unabsichtlichen Gewichtsverlust und der Serumalbumin Konzentration würde zum Beispiel 50 Prozent als moderat mangelernährt und 5 Prozent als schwer mangelernährt einstufen. Mit Hilfe eines komplexeren Scores, der BMI, Gewichtsverlust, Serumalbumin Konzentration und Serum- Harnstoff/Kreatinin-Quotienten als Diagnosekriterien und Katabolie Marker verwendet, würden zwar weniger PatientInnen als moderat

mangelernährt, dafür aber mehr als schwer mangelernährt klassifiziert werden. Diese Unterschiede sind meistens Folge der unterschiedlichen Definitionen der Mangelernährung (Pirlich, 2004).

2.3. Bioelektrische Impedanz Analyse (BIA)

Die bioelektrische Impedanz Analyse ermöglicht die Bestimmung der Körperzusammensetzung und liefert somit wichtige Hinweise über den Ernährungszustand des Patienten/der Patientin. Die Methode der bioelektrischen Impedanz Analyse beruht auf der unterschiedlichen Leitfähigkeit für elektrischen Strom der unterschiedlichen Gewebs- und Zellarten des Körpers des Menschen. Die bioelektrische Impedanz Analyse gilt als relativ sichere, preiswerte, gefahrlose, einfach durchführbare und nicht invasive Methode zur Bestimmung des Ernährungsstatus (Müller, 2011).

2.3.1. Die Körperkompartimente

Des Weiteren basiert die Methode der bioelektrischen Impedanz Analyse zur Bestimmung der Körperzusammensetzung auf der Einteilung des Körpers in verschiedene Kompartimente. Sie stellen die unterschiedlichen Gewebe und Flüssigkeiten des menschlichen Organismus dar. Je nach Anzahl der Kompartimente werden verschiedene Modelle unterschieden. Bei einem Ein-Kompartiment-Modell wird nur das Körpergewicht untersucht. Das Zwei-Kompartiment-Modell geht einen Schritt weiter und untersucht die Aufteilung des Körpers in Fettmasse und fettfreie Masse. Die bioelektrische Impedanz Analyse beruht auf einem Drei-Kompartiment-Modell, welches ebenfalls eine Unterteilung in Fettmasse und fettfreie Masse liefert, jedoch zusätzlich noch die fettfreie Masse in Körperzellmasse (BCM) und Extrazellulärmasse (ECM) unterteilt. Bei einem Vier-Kompartiment-Modell wird der Körper in Fett, Wasser, Protein und Knochenmineralien eingeteilt (Müller, 2011).

2.3.2. Messprinzip

Die bioelektrische Impedanz Analyse beruht auf einem Drei-Kompartiment-Modell, es werden Körperfett, fettfreie Masse, unterteilt in Extrazellulärmasse und Körperzellmasse, sowie das Gesamtkörperwasser (TBW) bestimmt. Durch das Fließen eines schwachen Wechselstroms werden der Gesamtwiderstand (Impedanz) und die Phasenver-

schiebung gemessen. Eine geringe Leitfähigkeit wie zum Beispiel bei Skelett und Körperfett führt zu einem großen Widerstand also zu einer hohen Impedanz. Im Gegensatz dazu zeichnet sich das elektrolythaltige Körperwasser in der fettfreien Masse durch seine gute Leitfähigkeit aus. Zellmembranen setzen dem Wechselstrom einen Widerstand entgegen, dadurch wird bei der bioelektrischen Impedanz Analyse der Strom hauptsächlich durch die Flüssigkeit der fettfreien Körpermasse geleitet. Die Berechnung der fettfreien Körpermasse, der Fettmasse und des Gesamtkörperwassers erfolgt mittels Regressionsgleichungen. Durch die Einbeziehung von Körpergewicht, Alter und Geschlecht ergibt sich eine höhere Genauigkeit bei der Messung (Müller, 2011).

2.3.3. Messparameter

2.3.3.1. Resistanz und Reaktanz

Der Wechselstrom kann durch die im Körperwasser enthaltenen Elektrolyte sowohl den intra- als auch extrazellulären Raum durchdringen. Im extrazellulären Raum kann der Strom ungehindert passieren und somit entspricht der Widerstand einem rein Ohm'schen Widerstand, das heißt dass der elektrische Widerstand in einem Gleichstromkreis gleich groß ist wie in einem Wechselstromkreis. Dieser Widerstand wird als Resistanz (R) bezeichnet und sinkt mit steigender Querschnittsfläche eines Körperteils. Der Gesamtkörperwiderstand setzt sich also mehr aus dem Wassergehalt der Extremitäten als des Rumpfes zusammen. Der Normbereich der Resistanz liegt bei Frauen zwischen 480 und 580 Ohm und bei Männern zwischen 380 und 480 Ohm. Im intrazellulären Raum herrscht ebenso ein Ohm'scher Widerstand, wobei hierzu noch der kapazitive Widerstand kommt, der auf die Zellmembran wirkt, und als Reaktanz (X_c) bezeichnet wird. Ein kapazitiver Widerstand ist ein Blindwiderstand, der dem Stromfluss von einem Kondensator wegen seiner begrenzten Kapazität entgegengesetzt wird. Ursächlich dafür sind die Lipiddoppelschichten der Zellmembranen. Die Reaktanz ist proportional zur Körperzellmasse und abhängig von der intrazellulären Matrix, der Anzahl der Zellmembranen und den festen Geweben wie Knochen. Der Normbereich der Reaktanz ist abhängig von der Resistanz und macht circa zehn Prozent des Resistanzwertes aus. Die Impedanz setzt sich also hauptsächlich aus der Resistanz zusammen. Bei der bioelektrischen Impedanz Analyse erfolgt eine direkte Messung der Impedanz (Z), die sich aus dem Ohm'schen Widerstand der Resistanz (R) und dem kapazitiven Wechselstromwid-

erstand der Reaktanz (X_c) zusammensetzt. Es gilt folgende Formel: $Z^2 = R^2 + X_c^2$ (Müller, 2011).

Die Resistanz ist proportional zum Körperwasser und ist dadurch ein ausgezeichnetes Maß für die Berechnung des Körperwassers. Die Magermasse ist durch ihren hohen Anteil an Wasser und Elektrolyten ein guter Leiter für Strom, wohingegen die Fettmasse einen hohen Widerstand aufweist. Die Resistanz wird durch die Veränderung des Wassergehaltes der Extremitäten beeinflusst, wodurch sich auch die starken Schwankungen der Resistanz erklären lassen. Die Reaktanz ist ein Maß für die Körperzellmasse (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.2. Phasenwinkel

Der Phasenwinkel gibt die Phasenverschiebung zwischen Wechselstrom und Spannung an. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung wird durch den von der Zelle entgegengesetzten kapazitiven Widerstand verursacht. Ein hoher Phasenwinkel lässt auf einen hohen Anteil der Reaktanz an der Impedanz schließen. Außerdem ist der Phasenwinkel abhängig vom Hydratationszustand, wobei hohe Phasenwinkel auf eine Dehydratation hindeuten. Durch die Messung des Phasenwinkels erfolgt die Unterscheidung und Bestimmung der Resistanz und Reaktanz. Über Impedanz und Phasenwinkel werden mittels statistischen Korrelationen unter Berücksichtigung von Körpergröße und Körpergewicht die einzelnen Kompartimente der Körperzusammensetzung berechnet (Müller, 2011).

Es herrscht eine direkte Proportionalität des Phasenwinkels zur BCM-Menge beziehungsweise zur Gesamtoberfläche und zum elektrischen Potential der darin enthaltenen Membranen. Dadurch, dass der Phasenwinkel ein direkter Messparameter ist, ist er weniger von messtechnischen Problemen und anderen Fehlerquellen abhängig. Der Phasenwinkel stellt ein Maß für die Zelldichte und die Membranintegrität der Zellen dar und erlaubt somit eine Einschätzung des Zellzustandes und des Gesundheitszustandes des Organismus. Intakte Zellen mit einem stabilen Membranpotential sind durch einen hohen Phasenwinkel gekennzeichnet, wohingegen geschädigte Zellen einen niedrigeren Phasenwinkel aufweisen (Data Input GmbH, 2005).

Die Einteilung des Ernährungszustandes kann durch die Höhe des Phasenwinkels erfolgen. Bei gut ernährten Zellen zeigt sich ein hoher Phasenwinkel, Nährstoffe und Zell-

wasser werden im Inneren gespeichert und gehen nicht verloren. Bei schlecht ernährten Zellen kommt es auf Grund einer weniger dichten Zellwand zu Verlusten von Nährstoffen und Zellwasser. Eine Verbesserung des Ernährungs- und Trainingszustandes durch Therapie der Mangelernährung, mit Hilfe einer optimalen Zufuhr von Mikro- und Makronährstoffen und mittels sportlichen Trainings, führt zu einer Erhöhung des Phasenwinkels. Ein Absinken des Phasenwinkels wird bei der Verschlechterung des Ernährungs- und Trainingszustandes oder bei Störung oder Schädigung der Zellmembran beobachtet. Ursachen hierfür sind zum Beispiel Katabolie, Malnutrition, Inaktivitätsatrophie oder membranschädigende Noxen wie Infektionen, Intoxikationen oder posttraumatischer Stress. Der Phasenwinkel ist vom Wassergehalt des Körpers abhängig und kann täglich um bis zu $0,2^\circ$ schwanken (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.3. Ganzkörperwasser (TBW)

Das Gesamtkörperwasser stellt das komplette Gewebewasser im Organismus dar und ist abhängig von der fettfreien Masse beziehungsweise der Magermasse, da diese überwiegend aus Wasser bestehen. Der Normalwert liegt bei Frauen zwischen 55 und 65 Prozent und bei Männern zwischen 50 und 60 Prozent. Bei muskulösen Personen kann dieser Wert noch ansteigen und bei adipösen absinken. Das TBW setzt sich zu circa 43 Prozent aus extrazellulärer und zu circa 57 Prozent aus intrazellulärer Flüssigkeit zusammen (Müller, 2011).

Um eingelagertes Wasser zu erkennen, müssen zusätzlich noch andere Parameter betrachtet werden. Durch einen erhöhten ECM/BCM Index und einen erniedrigten prozentualen Zellanteil lassen sich Wassereinlagerungen erkennen. Eine hohe Muskelmasse hat eine hohe Wassermenge zur Folge (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.4. Magermasse

Die Magermasse setzt sich aus intra- und extrazellulärer Masse zusammen und wird, da sie vorwiegend aus Wasser besteht, über das Gesamtkörperwasser und den aktuellen Hydratationsstatus berechnet. Der Hydratationsstatus kann in einem Bereich von 65 (Anorexie) bis 90 Prozent (Ödeme) liegen (Müller, 2011).

Bei der Berechnung der Magermasse wird meist von einem konstanten Hydratationsstatus ausgegangen. Bei einem abweichenden Hydratationsgrad der Magermasse kann es somit zu abweichenden Ergebnissen für die daraus berechneten Parameter Magermasse,

Körperzellmasse und Extrazelluläre Masse kommen. Dadurch wird zum Beispiel die Beurteilung der BIA-Messung bei IntensivpatientInnen oder PatientInnen mit Ödemen erschwert. In derartigen Fällen sollten die Original-Werte Resistanz, Reaktanz und Phasenwinkel genauer betrachtet werden. Die Magermasse wird über die beiden BIA-Parameter Zellmasse BCM und extrazelluläre Masse ECM beschrieben (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.5. Körperfett

Die Fettzellen weisen auf Grund des Fehlens von Doppelzellmembranen keinen kapazitiven Widerstand, also keine Reaktanz auf. Das Körperfett wird über die Differenz von Körpergewicht und Magermasse berechnet (Müller, 2011).

2.3.3.6. Körperzellmasse (BCM)

Die BCM wird der Magermasse zugeordnet und setzt sich aus den Zellen der Skelettmuskulatur, des Herzmuskels, der glatten Muskulatur, der inneren Organe, des Gastrointestinaltraktes, des Blutes, der Drüsen und des Nervensystems zusammen. Bei Erwachsenen mit einem normalen Ernährungsstatus liegt der Anteil der BCM bei über 50 Prozent. Bei LeistungssportlerInnen kann dieser Wert noch ansteigen und bei Menschen ab einem Alter von 75 Jahren absinken. Normalwerte (18 bis 75 Jahre) betragen für Frauen 51 bis 58 Prozent und für Männer 53 bis 60 Prozent BCM der Magermasse. Da sämtliche Stoffwechselvorgänge in der BCM ablaufen, bestimmt sie den Kalorienverbrauch und wird daher als zentrale Größe für die Beurteilung des Ernährungsstatus herangezogen. Aus diesem Grund werden auch die Erhaltung beziehungsweise der Zuegewinn der BCM als Kernpunkte der Ernährungstherapie angesehen. Beim Vorherrschen einer Mangelernährung kommt es für die Energielieferung zum Zellabbau und somit wird die Möglichkeit zur Energieverbrennung gemindert und der Grundumsatz sinkt ab. Eine Abnahme der BCM geht außerdem mit einer Abnahme des Phasenwinkels, der Reaktanz und der Zelldichte einher. Die BCM wird über die Magermasse, den Phasenwinkel und eine Konstante berechnet (Müller, 2011).

Eine Reduktion der BCM kann durch einen echten Substanzverlust der Körperzellmasse, aber auch durch einen temporären intrazellulären Wasserverlust entstehen. Ein echter BCM-Verlust kann dann festgestellt werden, wenn es gleichzeitig zu einem Absin-

ken des Phasenwinkels, der Reaktanz und /oder der Zelldichte in Prozent kommt (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.7. Extrazellulärmasse (ECM)

Hierbei handelt es sich um den Teil der Magermasse, der außerhalb der Zellen liegt und zu dem Plasma, interstitielles und transzelluläres Wasser, Kollagen, Elastin, Haut, Sehnen, Faszien und Skelett zählen. Die ECM ist die Differenz von Magermasse zu BCM (Müller, 2011).

2.3.3.8. ECM/BCM-Ratio

Die BCM ist bei Gesunden normalerweise größer als die ECM und somit ergibt sich für den Quotienten ein Normalwert kleiner eins. Bei einer Mangelernährung kommt es aber zur Abnahme der BCM und somit zu einem veränderten Verhältnis. Ist der Quotient >1 lässt dies entweder auf Wassereinlagerungen im extrazellulären Bereich oder auf eine geringe BCM schließen. Ein Verhältnis zwischen 0,8 und 1 wird als normal angesehen. Diese Werte können aber auch bei Vorliegen einer Mangelernährung auftreten, weswegen die ECM/BCM-Ratio immer zusammen mit der Gesamtkörpersituation betrachtet werden muss (Müller, 2011).

Der ECM/BCM-Index wird als zweitwichtigster Parameter zur Beurteilung des Ernährungsstatus angesehen. In der Anfangsphase einer Mangelernährung kommt es zum Verlust der BCM und als Kompensation zur Vermehrung des Extrazellulärspaces, wobei aber die Magermasse und das Gewicht noch konstant bleiben können. Durch einen ansteigenden BCM/ECM-Index ist die Verschlechterung des Ernährungsstatus zu erkennen (Data Input GmbH, 2005).

2.3.3.9. Zellanteil

Der Zellanteil bezeichnet den Anteil der Körperzellmasse an der Magermasse in Prozent (Müller, 2011). Aus diesem Grund gilt der Zellanteil als Maß für den individuellen Ernährungszustand und den Trainingszustand und ist ein guter Parameter zur Beurteilung der Qualität der Magermasse. Der Normalbereich liegt bei Männern zwischen 53 und 59 Prozent und bei Frauen zwischen 50 und 56 Prozent. Ein geringer Zellanteil kann Zeichen einer Malnutrition oder einer extrazellulären Überwässerung sein. Wenn der Zellanteil unter dem Referenzbereich liegt und keine sichtbaren Ödeme vorliegen ist

dies ein Hinweis auf eine Malnutrition. Für die Beurteilung einer Mangelernährung ist ein reduzierter Zellanteil von Bedeutung. Bei einem Mangel an Nahrung und Nährstoffen kommt es zur Mobilisation von intrazellulärem Protein zur Glukosehomöostase und somit zur Bildung von Glukose. Durch den intrazellulären Proteinverlust kommt es zu einer Reduktion des Zellanteils und gleichzeitig zu einer Vermehrung des Extrazellulär-raumes durch den Verlust des proteingebundenen intrazellulären Wassers. Es kommt zu einer gegenläufigen Veränderung der Massen von ECM und BCM und zu einem überproportionalen Abfallen des Zellanteils (Data Input GmbH, 2005).

2.3.4. Anwendungsgebiete

Bei Vorliegen einer Mangelernährung kann die Reduktion der Körperzellmasse und als Kompensation die Vermehrung des Extrazellulär-raumes beobachtet werden. Aus diesem Grund kann mit Hilfe der bioelektrischen Impedanz Analyse eine Verschlechterung des Ernährungszustandes schon vor einer signifikanten Gewichtsabnahme festgestellt werden (Müller, 2011).

Die Anwendungsgebiete reichen von der Diagnostik und Charakterisierung der Mangelernährung über die Bestimmung des Hydratationszustandes bis hin zu Verlaufskontrollen von zum Beispiel Ernährungstherapien oder Gewichtsreduktionsprogrammen (Pirlich, 2005).

Im Bereich der Intensivmedizin wird die bioelektrische Impedanz Analyse oft zur Überwachung der IntensivpatientInnen verwendet, wobei die Verwendung an Schwerkranken noch nicht validiert ist. Durch die gleichzeitige Veränderung von TBW und dem Verhältnis von intra- und extrazellulärer Flüssigkeit wird die Interpretation der Messergebnisse erschwert. Trotzdem liegt eine wichtige Aufgabe in diesem Anwendungsbereich in der Risikoabschätzung beispielsweise einer Mangelernährung (Müller, 2011).

Bei Verwendung der bioelektrischen Impedanz Analyse bei kranken PatientInnen sind einige Dinge zu beachten, da der Krankheitsstatus einen großen Einfluss auf die Körperzusammensetzung haben kann. Die Effekte des Krankheitsstatus auf die Körperzusammensetzung werden in Tabelle 3 getrennt nach Auswirkung auf das Gewebe und Auswirkung auf den Flüssigkeitsstatus getrennt dargestellt (Malbrain et al., 2014).

Tabelle 3: Auswirkungen des Krankheitsstatus auf die Körperzusammensetzung

Auswirkungen auf das Gewebe	Auswirkungen auf den Flüssigkeitsstatus
• Verlust oder Verminderung des Körperfetts • Exzessive Gewichtszunahme • Verlust des Körpergewichts • Verlust der fettfreien Masse • Geringe Muskelgewebsmasse • Verlust oder Verminderung der Knochenmineralien • Verlust der Körperzellmasse • Mangelernährung • Gesteigerter Katabolismus • Verzögerter Anabolismus • Hohe Körperdichte • Klinischer Muskelschwund • Höhere Knochenmasse- und Knochenmineraliendichte • Reduzierte Rumpfmagermasse	• Flüssigkeitsungleichgewicht • Positive tägliche Flüssigkeitsbalance • Positive kumulative Flüssigkeitsbalance • Periphere Ödeme • Veränderter Flüssigkeitsstatus – Veränderungen in TBW, ECW und ICW • Zunahme oder Abnahme des ICW (verringerte Körperzellmasse und Gesamtkörperkalium) • Zunahme des ECW (Ödeme) • Plasmavolumenzunahme und Flüssigkeitsakkumulierung in der Lunge, den abdominalen Organen und dem peripheren Geweben • Veränderungen des Wasser-, Mineralien- und Proteingehalts • Zunahme des ECW/ICW Ratio • Zunahme des TBW • Veränderungen der Hydratation der fettfreien Masse • Variationen des TBW zu FFM Ratio • Variationen des Impedanz zu TBW Ratio

(Malbrain et al., 2014)

Die Verwendung der BIA bei kritisch kranken PatientInnen kann auf Grund dieser Effekte nur als Recherchetool gesehen werden (Malbrain et al., 2014).

Der Gebrauch der BIA ist weit verbreitet, sowohl bei gesunden Personen als auch bei Kranken, jedoch besteht ein Mangel an standardisierten Methoden und Qualitätskontrollen. Die BIA erlaubt die Bestimmung der FFM und des TBW bei Personen ohne signifikant Flüssigkeits- oder Elektrolytschwankungen, wenn eine geeignete Population, alters- und pathologisch spezifische BIA Gleichungen und etablierte Methoden verwendet werden. Für die Bestimmung von Veränderungen in BCM, ECW und ICW braucht es mehr Untersuchungen mit einem validen Modell, welches garantiert, dass die Veränderungen von ECW nicht das ICW verschlechtern und umgekehrt. Der Gebrauch von segmentaler, MF-BIA oder BIS bei einem veränderten Hydratationszustand erfordert außerdem weitere Untersuchungen (Kyle et al., 2004a).

Die Schwierigkeiten in der Validierung der BIA bei verschiedenen ethnischen Gruppen, Altersgruppen und klinischen Zuständen mit einem abnormalen Hydrationsstatus hat zu einer Unmenge von BIA-Gleichungen geführt. Die Validierung dieser BIA-Gleichungen gegen Referenzmethoden wie zum Beispiel Densiometrie und DEXA muss erst noch erfolgen. Durch die Verwendung von verschiedenen Referenzmethoden und unterschiedlichen Softwareversionen im Validierungsprozess wurde in der Literatur von Diskrepanzen berichtet (Kyle et al., 2004a).

Der klinische Gebrauch der BIA kann bei PatientInnen mit einem extremen BMI oder einem abnormalen Flüssigkeitsstatus nicht für die Routinebeurteilung empfohlen werden, bis nicht eine ausreichende Validierung bei diesen Bedingungen stattgefunden hat. MF-BIA und segmentale BIA könnten gegenüber anderen Methoden einen Vorteil bei diesen Bedingungen haben, müssen jedoch noch weiter validiert werden, um die Mechanismen der Veränderungen beobachtet bei kritisch kranken PatientInnen, verändertem Verhältnis von Fettmasse zu fettfreier Masse und extremer Größen und Körperform Abnormalitäten zu verstehen. Für eine optimale Messung ist eine standardisierte Methode

notwendig. Universelle standardisierte Protokolle für BIA-Messungen müssen entwickelt und implementiert werden (Kyle et al., 2004b).

2.3.5. Vor- und Nachteile der BIA

Klare Vorteile der BIA sind die einfache, schnelle und kostengünstige Handhabung, die nichtinvasive Methode und die geringe Beanspruchung der PatientInnen während der Messung. Durch die Messung kann auf die verschiedenen Kompartimente geschlossen werden und somit findet die BIA häufig Einsatz bei Verlaufskontrollen von verschiedenen Erkrankungen. Es gibt kaum Kontraindikationen (Müller, 2011). Sie kann am Patientenbett selbst bei kritisch Kranken durchgeführt werden und ist durch die gute Reproduzierbarkeit für Wiederholungsmessungen und somit zur Verlaufskontrolle geeignet (Pirlich, 2005).

Der Hauptnachteil der BIA liegt in der fehlenden Standardisierung. Auch Fehlerquellen haben einen großen Einfluss, da die BIA nur bei optimalen Messbedingungen valide ist (Müller, 2011). Bei der unzureichenden Übereinstimmung mit Referenzmethoden wird oft die Übertragbarkeit bestimmter Formeln kritisiert. Bei Gesunden wurden die Formeln mittels Referenzmethoden validiert, bei bestimmten Erkrankungen muss die Validität der BIA noch genauer untersucht werden (Pirlich, 2005).

2.3.6. Korrekte Durchführung der Messung

Um reproduzierbare Messungen mittels BIA zu erhalten, sind 5 Voraussetzungen notwendig:

- Der menschliche Körper kann als Zylinder betrachtet werden.
- Tatsächlich besteht er aus 5 kleineren Zylindern (1 zentraler Zylinder und jeweils 2 Arme und Beine)
- Es wird angenommen, dass die Körperzusammensetzung homogen ist.
- Mit dem Fehlen einer individuellen Variation
- Ohne Einfluss der Umwelt (Temperatur, Stress und Infusionen)

Dies trifft aber nur in idealen Situationen zu und ist nicht anzuwenden bei kritisch kranken PatientInnen. Bei dieser Patientengruppe sind Abweichungen wie zum Beispiel eine Körperasymmetrie durch Amputationen, einseitige Hämiparese oder neuromuskuläre

Zustände, die lokale Veränderungen in der Perfusion oder der Gewebeatrophie verursachen können. Es wurde gezeigt, dass die Form des Zylinders durch Geschlecht und Alter beeinflusst wird. Um eine gute BIA-Messung zu erhalten sind 5 Faktoren unentbehrlich: Impedanzwert, Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht. Für den höchsten Genauigkeitslevel sind Alter und Geschlecht am wichtigsten (Malbrain et al., 2014).

Vor der Durchführung der Messung müssen Kontraindikationen wie Herzschrittmacher oder andere automatische, elektronische und implantierte wie zum Beispiel substanzabhängige Systeme ausgeschlossen werden. Bei Fieber kommt es zu einer proportionalen Veränderung der elektrolytischen Flüssigkeiten mit der Temperatur und in Folge dessen zu einer Veränderung des spezifischen Widerstandes. Ein Absinken der Widerstände und eine zu hohe Berechnung des Körperwassers kann beobachtet werden. In derselben Weise verfälschen kalte Hände das Ergebnis umgekehrt. Für eine korrekte Durchführung sollten vor der Messung das Körpergewicht und die Körpergröße auf 0,1 kg beziehungsweise auf 0,1 cm genau ermittelt werden. Bei einer ungenauen Bestimmung kann es zu Abweichungen des TBW kommen. Außerdem sollte der Patient/die Patientin eine Stunde vor der Messung nüchtern bleiben, da es sonst zu verfälschten Ergebnissen der Fettmasse kommt. Um eine gültige Messung und eine gleichbleibende Aufteilung der Körperflüssigkeiten zu erreichen, sollte die Person vor der Durchführung der Messung mindestens 3 bis 5 Minuten horizontal liegen. Für die Messung der Körpersegmente werden zwei Arten unterschieden. Normalerweise wird eine Segmentalmessung aller 4 Extremitäten durchgeführt. Ist dies nicht möglich, wird eine 1-Kanalmessung durchgeführt bei der grundsätzlich die rechte Körperhälfte gemessen wird. Für einen optimalen Elektrodenkontakt muss die Haut an den zu messenden Stellen vor dem Anlegen der Elektroden mit einem nicht-rückfettenden Desinfektionsmittel gereinigt werden. Beim Anbringen der Elektroden und Messklemmen sollte auf eine korrekte Platzierung geachtet werden, da ein Versatz der Elektroden die Rz Werte um circa 2-3 Ohm verändern kann. Für gültige Verlaufsmessungen sollten die Elektroden immer an den gleichen Stellen und so exakt wie möglich positioniert werden. Die proximale Elektrode wird zwischen den beiden Ulnaköpfchen der Handgelenke und am Fußgelenk platziert. Die distale Elektrode wird mit einem Abstand von mindestens 5 cm in Richtung der Finger beziehungsweise Zehen platziert, sie ist die Stromimpulseingangs-

beelektrode. Ist der Abstand zwischen den beiden Elektroden zu gering, können Störungen zwischen den beiden Elektroden und ein Ansteigen der Rz Werte um 10 Ohm auftreten. Fehler können außerdem auftreten, wenn die Elektroden zu trocken, alt, oder kalt sind. Die Elektroden müssen in einem wiederverschließbaren Elektrodenbeutel gelagert werden, um nicht auszutrocknen, und dürfen nur einmal verwendet werden, da der Klebekontakt sonst nicht gewährleistet ist. Phasenwinkel Werte von über 9° und Xc Werte höher als 80 oder 100 Ohm werden als unrealistisch betrachtet und werden meistens durch die Berührung der Extremitäten verursacht. Fixateure und Verplattungen werden nicht als Kontraindikationen angesehen. Die nicht betroffene Körperhälfte kann für die Messung verwendet werden (AENGUS Ernährungskonzepte GmbH, 2014).

3. Material und Methoden

3.1. Studiendesign

Bei der Studie handelt es sich um eine prospektive nicht-interventionelle Beobachtungsstudie, die über einen Zeitraum von einem Jahr von März 2015 bis März 2016 im Unfallkrankenhaus Meidling durchgeführt wurde. Die Durchführung der Studie erfolgte durch zwei Ernährungswissenschaften-Studentinnen der Universität Wien, die ihre Masterarbeit mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten über das gleiche Studienkollektiv schreiben. Die Studie wurde der Ethikkommission der AUVA vorgelegt und von dieser zugelassen.

3.2. Studienkollektiv

Das Studienkollektiv setzt sich aus 28 PatientInnen zusammen, darunter 22 Männer und 6 Frauen, die auf Grund ihres Schädelhirntraumas entweder auf der Intensiv- oder auf der Normalstation des Unfallkrankenhauses Meidling behandelt wurden. Die ProbandInnen mussten, um in die Studie aufgenommen zu werden, die Einschlusskriterien erfüllen und eine Einwilligungserklärung musste von ihnen unterschrieben werden.

3.3. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden wie folgt definiert.

Einschlusskriterien:

- Schädelhirntrauma
- Alter > 18

Ausschlusskriterien:

- Alter < 18
- Malignom in der Anamnese
- Dekompensierte Herz-, Leber- oder Niereninsuffizienz
- Nichteinwilligung des Patienten

3.4. Drop-Out-Kriterien

Zusätzlich wurden Drop-Out-Kriterien formuliert, welche einen Ausschluss während der laufenden Studie ermöglichten.

Drop-Out Kriterien:

- Fehleinschluss
- Vorzeitige Entlassung
- Rückzug der Einwilligung oder Nichteinwilligung nach Erlangen der Geschäftsfähigkeit
- Exitus während des Krankenhausaufenthaltes

Das Gesamtkollektiv der Studie setzte sich aus 46 PatientInnen zusammen, von denen sich 18 als Dropouts darstellten. Zwei PatientInnenen schieden auf Grund eines Fehleinschlusses aus der Studie aus, eine Patientin verstarb während des Aufenthaltes und von 15 PatientInnen standen nicht genügend Daten zur Verfügung, nachdem sie vorzeitig entlassen worden waren.

3.5. Studienablauf

Die Stationen des Unfallkrankenhauses (UKH) Meilding wurden über die Studie, deren Ziel und die Ein- und Ausschlusskriterien für das Patientenkollektiv informiert. Für die Studie geeignete PatientInnen wurden von den Stationen gemeldet.

Die Kategorisierung des Grades des Schädelhirntraumas erfolgte mittels des Glasgow Coma Scale (GCS). Wie in Kapitel 2.1.5 beschrieben werden an Hand des GCS drei verschiedene Schweregrade unterschieden. Um auf der Normalstation des UKH Meilding behandelt zu werden, mussten die PatientInnen einen GCS von mindestens 13 aufweisen.

Die Messungen der Körperzusammensetzung mittels bioelektrischer Impedanz Analyse (BIACORPUS RX 4000) wurden wöchentlich jeweils an Dienstagen und Donnerstagen zwischen 06:30 Uhr und 7:30 Uhr durchgeführt. Somit konnten die PatientInnen in nüchternem Zustand gemessen werden und bevor die Pfl egetätigkeit durchgeführt wurde. Es wurde eine segmentale Messung ausgeführt. Wenn dies auf Grund der Verletzungen der PatientInnen nicht möglich war, wurde nur eine Körperhälfte gemessen.

Die Körpergröße und der Wadenumfang wurden mittels eines Maßbandes gemessen. Das Körpergewicht wurde bei den PatientInnen auf der Intensivstation mittels einer Bettwaage erhoben und bei den PatientInnen auf der Normalstation mittels einer normalen Körperwaage.

Einmal wöchentlich wurden Blut- und Plasmaproben vom Personal des Krankenhauses abgenommen. Die Analyse der Blut- und Plasmaproben erfolgte zum Teil im Zentrallabor des Unfallkrankenhauses Meidling, dazu zählten CRP, Gesamteiweiß und Serumalbumin. Die Auswertung des Vitamin D wurde den Studentinnen übertragen und wurde im Zentrallabor des Unfallkrankenhauses Meidling durchgeführt. Für die Bestimmung des Malondialdehyd wurde das Labor des Institutes für Ernährungswissenschaften der Universität Wien beauftragt.

Bei den ansprechbaren PatientInnen wurden zusätzlich zur Erhebung des Ernährungsstatus Screenings verwendet. Das Ernährungsscreening wurde mittels SNAQ (Short Nutritional Assessment Questionnaire), NRS 2002 (Nutritional Risk Screening) und dem AKE Screening für die geriatrische Langzeitbetreuung durchgeführt. Die erreichten Punkte der drei Ernährungsscreenings wurden addiert, um somit das Mangelernährungsrisiko zu erheben. Des Weiteren wurde die Korrelation der Punktesumme mit weiteren im Zuge dieser Studie erhobenen Parameter untersucht.

Zusätzlich wurde zur Beurteilung des Ernährungszustandes ein Score aus den Parametern Vitamin D, Wadenumfang, Serumalbumin, Gesamteiweiß, CRP und Phasenwinkel berechnet. Es wurden Grenzwerte für diese Parameter determiniert und Punkte vergeben, wenn diese Grenzwerte unter- beziehungsweise überschritten wurden. Die Grenzwerte wurden folgendermaßen festgelegt:

- Vitamin D: 20 nmol/l
- Wadenumfang: 31 cm
- Serumalbumin: 3 g/dl
- Gesamteiweiß: 6,5 g/dl
- CRP: 10 mg/l
- Phasenwinkel: Männer 5,0°, Frauen 4,6°

Für die Studie sollten von den teilnehmenden PatientInnen Daten zu drei Untersuchungszeitpunkten vorhanden sein. Die Untersuchungszeitpunkte wurden wie folgt definiert:

- U1 = erster Untersuchungszeitpunkt, nach der Aufnahme der PatientInnen
- U2 = zweiter Untersuchungszeitpunkt, zur Hälfte des Aufenthaltes
- U3 = dritter Untersuchungszeitpunkt, vor der Entlassung der PatientInnen

Waren von PatientInnenen nicht Daten von allen drei Untersuchungszeitpunkten vorhanden, wurden diese nachträglich aus der Studie ausgeschlossen. Für diese Masterarbeit wurden nur die Daten des ersten Untersuchungszeitpunktes also die Aufnahmedaten für die statistische Auswertung und Interpretation verwendet. Die Daten aller StudienteilnehmerInnen wurden anonymisiert.

3.6. Verwendete Geräte

Für die BIA-Messung wurde das Gerät BIACORPUS RX 4000 der Firma MEDI CAL Health Care GmbH verwendet. Dabei handelt es sich um ein volldigitales, phasensensitives 4-Kanal-Impedanzmessgerät, welches den resistiven Widerstand R_z , den kapazitiven Widerstand X_c und den Phasenwinkel PA mittels einer 50 kHz Wechselstromfrequenz misst. Das Messgerät übermittelt die Messdaten anschließend an die Software BodyComp, welche über die gemessenen Widerstände und die anthropometrischen Daten die restlichen BIA-Parameter berechnet.

Die Konzentration des 25-Hydroxivitamin D wurde mittels FastPack IP Vitamin D-Immunoassay-Komplett-Kit bestimmt. Diese Analysemethode wird im nächsten Punkt noch näher dargestellt.

3.7. Vitamin D Analytik

Bei dem FastPack IP Vitamin D-Immunoassay-Komplett-Kit handelt es sich um ein Chemclumineszenz-Immunoassay mit paramagnetischen Partikeln, der auf dem „kompetitiven Prinzip“ basiert. Das endogene Vitamin D in der Probe wird mit dem Vorbehandlungspuffer gemischt und dann dem Pack hinzugefügt. Zuerst findet eine primäre Inkubation statt bei der ein monoklonaler Anti-Vitamin D-Antikörper, der mit alkalischer Phosphatase markiert ist, mit dem Vitamin D reagiert. Bei der sekundären Inkubation wird kovalent an Biotin gekoppeltes und an mit Streptavidin beschichtete paramagnetische Partikel gebundenes Vitamin D mit dem immunreaktanten Komplex kombi-

niert. Das nicht mit der Probe reagierende Konjugat bindet an die nicht besetzten Bindungsstellen der mit Vitamin D-Biotin-Streptavidin beschichteten paramagnetischen Partikel. Nicht gebundenes Material wird mit einem Wäschepuffer herausgespült. Anschließend wird das chemiluminogene Substrat mit dem gebundenen Komplex der soliden Phase hinzugefügt, woraus eine „Glüh“-Chemilumineszenz resultiert, welche mit Hilfe des Analysegeräts gemessen wird. Die Menge der gebundenen gekennzeichneten Antikörper ist umgekehrt proportional zur Konzentration des Vitamin D in der Probe. Das Analysegerät erstellt eine Lookup-Tabelle mit x-/y-Werten, welche die Normkurve darstellen. Die Konzentration der unbekannten Probe wird durch lineare Interpolation bestimmt.

3.8. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mittels IBM SPSS Statistics 23 durchgeführt. Die Variablen wurden mittels Kolmogorov-Smirnov und mittels Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung geprüft. Die Korrelationen der Aufnahmedaten wurden bei normalverteilten Daten mittels Korrelation nach Pearson und bei nicht normalverteilten Variablen mittels Spearman-Rho Korrelationskoeffizient berechnet. Die Mittelwertvergleiche wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Daten der BIA-Messung wurden mittels der Software „my line, AENGUS Ernährungskonzepte GmbH“ automatisch berechnet und konnten somit direkt für die Interpretation verwendet werden. Zusätzliche Variablen wie ECW in Liter, FFM in Prozent, BCM in Prozent und TBW in Prozent wurden nach folgenden Formeln, in Tabelle 4 dargestellt, berechnet.

Tabelle 4: Berechnungsformeln für zusätzliche Variablen

Variable	Formel
ECW (L)	$(\text{TBW in Liter} * \text{ECW in Prozent}) / 100$
FFM (%)	$100 - \text{FM in Prozent}$
BCM (%)	$(\text{BCM in kg} * 100) / \text{Körpergewicht in kg}$
TBW (%)	$(\text{TBW in L} * 100) / \text{Körpergewicht in kg}$

4.1. Studienpopulation

Die endgültige Studienpopulation bestand aus 28 PatientInnen, darunter 22 Männer und 6 Frauen mit einer prozentualen Verteilung der Geschlechter von 78,6 Prozent zu 21,4 Prozent. Das Alter der gesamten Studienpopulation lag in einem Bereich von 20 bis 80 Jahren mit einem Mittelwert von $51,7 \pm 18,2$ Jahren. Die Aufenthaltsdauer reichte von 11 bis 66 Tagen mit einem Mittelwert von $29,8 \pm 14,5$ Tagen. Der mittlere BMI lag bei $26,4 \pm 4,6 \text{ kg/m}^2$, mit einem Minimum von 17,3 und einem Maximum von $37,7 \text{ kg/m}^2$.

Die ProbandInnen wurden in verschiedene Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgte nach Geschlecht, Betreuung auf der Intensivstation oder nicht und ob eine Mangelernährung mittels Ernährungsscreening diagnostiziert wurde. Die Charakteristika (Alter, Aufenthaltsdauer und BMI) der unterschiedlichen Gruppen (Geschlecht, Intensiv und Mangelernährung) sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Die Mittelwerte von Alter, Aufenthaltsdauer und BMI unterschieden sich bei den Geschlechtern nicht signifikant. Von den 28 PatientInnen wurden 18 auf der Intensivstation und 10 auf der Normalstation betreut. Die PatientInnen auf der Intensivstation wiesen im Gegensatz zu denen auf der Normalstation ein geringeres mittleres Alter, aber eine signifikant höhere mittlere Aufenthaltsdauer auf ($p=0,016$). Ein Ernährungsscre-

ning konnte bei 13 PatientInnen durchgeführt werden, bei 4 PatientInnen wurde eine Mangelernährung mittels Ernährungsscreening diagnostiziert. Die PatientInnen, bei denen die Durchführung des Ernährungsscreenings zum Beispiel auf Grund von Bewusstlosigkeit nicht möglich war, wurden in die folgende Charakteristik nicht miteinbezogen. Die mangelernährten PatientInnen zeigten einen geringeren BMI und eine längere Aufenthaltsdauer. Die anderen Unterschiede zwischen den Gruppen wiesen keine statistische Signifikanz auf.

Tabelle 5: Charakteristika der Gruppen

Geschlecht		
Männlich (n=22)	Alter (Jahre)	52,0±17,9 (25-80)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	29,6±14,7 (11-66)
	BMI (kg/m ²)	26,8±4,7 (18,9-37,7)
Weiblich (n=6)	Alter (Jahre)	50,7±20,9 (20-75)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	30,7±14,8 (16-58)
	BMI (kg/m ²)	24,8±4,1 (17,3-29,4)
Intensivstation		
Nein (n=10)	Alter (Jahre)	59,2±18,1 (34-80)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	21,2±8,5 (11-36) p=0,016
	BMI (kg/m ²)	26,2±3,7 (18,9-31,1)
Ja (n=18)	Alter (Jahre)	47,6±17,4 (20-79)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	34,6±15,0 (15-66) p=0,016
	BMI (kg/m ²)	26,5±5,1 (17,3-37,7)
Mangelernährung		
Nein (n=9)	Alter (Jahre)	50,4±16,1 (33-76)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	20,2±7,6 (11-36)
	BMI (kg/m ²)	25,9±3,2 (22,5-31,1)
Ja (n=4)	Alter (Jahre)	43,0±26,8 (20-80)
	Aufenthaltsdauer (Tage)	33,2±19,8 (14-61)
	BMI (kg/m ²)	22,5±5,8 (17,3-30,1)

4.2. Aufenthaltsdauer

Tabelle 6: Korrelationen der Aufenthaltsdauer mit GCS, Gesamteiweiß und Wadenumfang

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
GCS	-0,441	0,021	27
Gesamteiweiß	-0,465	0,013	28
Wadenumfang	-0,619	0,008	17

Die Hauptforschungsfrage dieser Arbeit bestand darin, herauszufinden, ob die Aufenthaltsdauer der Schädelhirntrauma-PatientInnen vom Schweregrad des Schädelhirntraumas oder vom Ernährungsstatus bei der Aufnahme abhängig ist. Die Aufenthaltsdauer zeigte sowohl eine signifikante Korrelation mit dem GCS als auch mit den ernährungsspezifischen Parametern Gesamteiweiß und Wadenumfang (Tabelle 6).

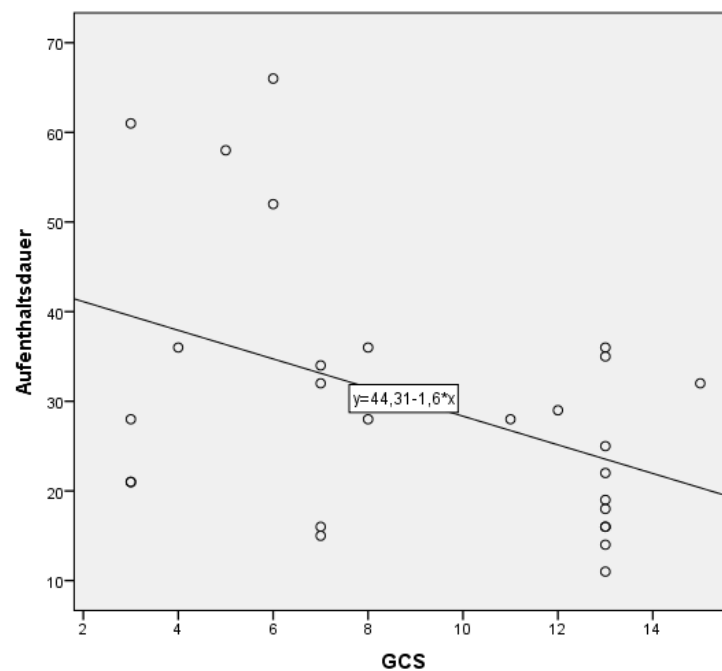


Abbildung 1: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und GCS
($r=-0,441$; $p<0,05$)

Der GCS gibt den Schweregrad des Schädelhirntraumas an. Ein niedriger GCS Score bezeichnet ein schwereres Schädelhirntrauma. Die statistische Untersuchung zeigte eine signifikante Korrelation der Aufenthaltsdauer mit dem GCS ($r=-0,441$; $p<0,05$) (Abbildung 1). Es zeigte sich eine längere Aufenthaltsdauer bei einem niedrigen GCS und in gleicher Folge eine kürzere Aufenthaltsdauer bei einem hohen GCS. Daraus lässt sich schließen, dass die Aufenthaltsdauer vom Schweregrad des Schädelhirntraumas abhängig ist und ein schwereres Schädelhirntrauma mit einer längeren Aufenthaltsdauer einhergeht und umgekehrt.

Die geschlechterspezifische Untersuchung von GCS und Aufenthaltsdauer wies jedoch keine signifikante Korrelation auf. Auch die getrennte Betrachtung der Patientengruppen mit beziehungsweise ohne intensivmedizinische Betreuung erreichte keine Signifikanz. Dies kann vermutlich durch die Tatsache begründet werden, dass für die PatientInnen auf der Normalstation ein einheitlicher GCS von 13 angenommen wurde. Der GCS wird auf der Normalstation des UKH Meidling nicht erhoben, damit PatientInnen mit einem Schädelhirntrauma aber auf der Normalstation behandelt werden, müssen sie einen GCS von mindestens 13 aufweisen. Auch die getrennte Untersuchung der Korrelation bei den PatientInnen mit beziehungsweise ohne Mangelernährung erreichte keine Signifikanz, was vermutlich an dem insgesamt kleinen Patientenkollektiv von 13 PatientInnen liegt, mit denen ein Ernährungsscreening durchgeführt werden konnte.

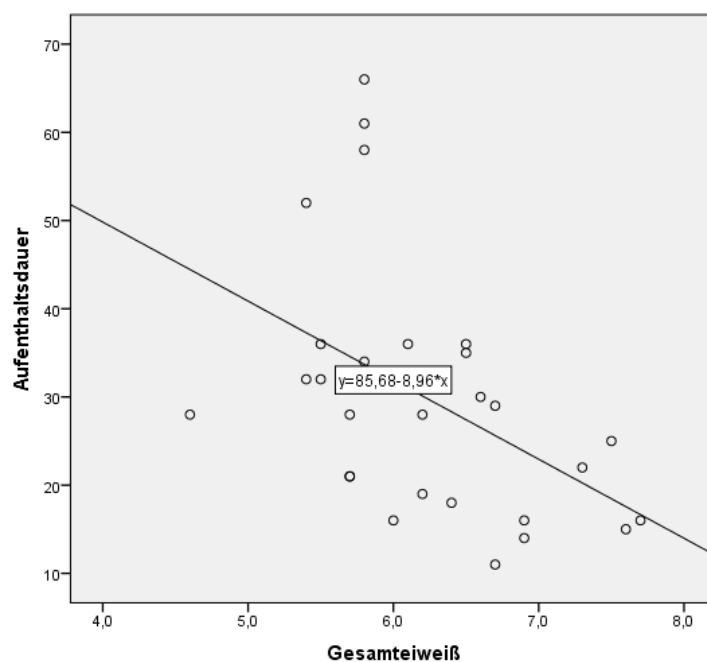


Abbildung 2: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und Gesamteiweiß
($r=-0,465$; $p<0,05$)

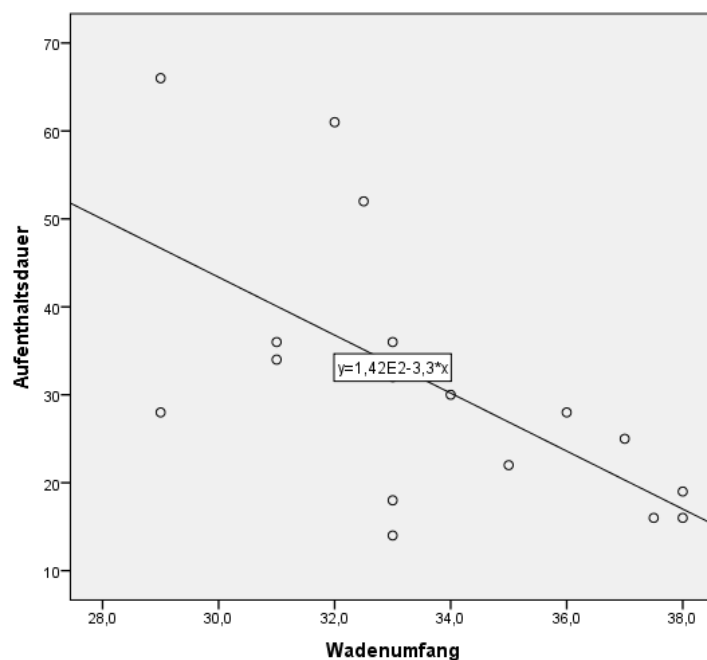


Abbildung 3: Zusammenhang Aufenthaltsdauer und Wadenumfang
($r=-0,619$; $p<0,05$)

Des Weiteren zeigte sich eine signifikante Korrelation der Aufenthaltsdauer mit den ernährungsspezifischen Variablen Gesamteiweiß ($r=-0,465$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=-0,619$; $p<0,05$). Diese Zusammenhänge sind auch in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Eine geringe Konzentration des Gesamteiweiß und ein geringer Wadenumfang, beide Parameter gelten als Merkmale einer Malnutrition, wurden mit einer längeren Aufenthaltsdauer assoziiert. Somit zeigt auch der Ernährungsstatus einen Einfluss auf die Aufenthaltsdauer.

Eine getrennte Betrachtung der Patientengruppen mit beziehungsweise ohne Mangelernährung und derer mit beziehungsweise ohne intensivmedizinische Betreuung zeigte wiederum keine Signifikanz. Im Gegensatz zu den Frauen, wiesen die Männer bei der geschlechterspezifischen Untersuchung der Korrelation eine signifikante Korrelation der Aufenthaltsdauer mit den Variablen Gesamteiweiß ($r=-0,519$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=-0,672$; $p<0,05$) auf. Diese Tatsache könnte aber auch durch den geringen Frauenanteil von 6 Patientinnen begründet sein.

Die Aufenthaltsdauer wurde als Maß für das Outcome der Mangelernährung kritisiert, da die Aufenthaltsdauer noch durch einige andere Faktoren beeinflusst wird, welche nichts mit der Ernährung zu tun haben. Eine verlängerte Aufenthaltsdauer ist ein Maß für das Outcome, welches die Hauptsymptome und die nachteiligen Effekte der Man-

gelernährung wie Infektionen, schlechte Wundheilung und einen beeinträchtigten funktionellen Status zusammenfasst (Kyle et al., 2013).

4.3. Glasgow Coma Scale (GCS)

Mit Hilfe des Glasgow Coma Scale (GCS) konnte das Studienkollektiv nach dem jeweiligen Schweregrad des Schädelhirntraumas in drei Gruppen eingeteilt werden, je nachdem ob es sich um ein leichtes, mittelschweres oder schweres Schädelhirntrauma handelte. Die Charakteristika dieser drei Gruppen sind in der folgenden Tabelle (Tabelle 7) dargestellt. Es zeigte sich, dass PatientInnen mit einem schweren Schädelhirntrauma eine längere Aufenthaltsdauer aufwiesen, jedoch erreichten die Unterschiede zwischen den Gruppen keine statistische Signifikanz.

Tabelle 7: Beschreibung des Studienkollektivs nach Schweregrad des Schädelhirntraumas

	leichtes Schädelhirntrauma GCS 13-15	mittelschweres Schädelhirntrauma GCS 9-12	schweres Schädelhirntrauma GCS 3-8
Anzahl PatientInnen	11	2	14
Geschlechterverteilung	7 männlich/ 4 weiblich	2 männlich/ 0 weiblich	12 männlich/ 2 weiblich
Alter (Jahre)	61,0 ± 18,2 (34-80)	50,5 ± 9,2 (44-57)	45,1 ± 17,4 (20-73)
Aufenthaltsdauer (Tage)	22,2 ± 8,7 (11-36)	28,5 ± 0,7 (28-29)	36,0 ± 16,9 (15-66)
BMI (kg/m ²)	25,7 ± 3,8 (18,9-31,1)	30,7 ± 9,9 (23,6-37,7)	26,5 ± 4,5 (17,3-32,7)
Mangelernährung	1 Ja/7 Nein (3 fehlend)	0 Ja/1 Nein (1 fehlend)	2 Ja/1 Nein (11 fehlend)

In Tabelle 8 ist ersichtlich, dass der GCS signifikant mit den Parametern Aufenthaltsdauer, Vitamin D, CRP, Gesamteiweiß, Serumalbumin und Wadenumfang korreliert.

Tabelle 8: Korrelationen des GCS mit der Aufenthaltsdauer, Laborparametern und dem Wadenumfang

	Spearman-Rho Korrelationskoeffizient	Signifikanz	n
Aufenthaltsdauer	-0,385	0,047	27
Vitamin D	0,435	0,026	26
CRP	-0,442	0,021	27
Gesamteiweiß	0,632	0,000	27
Serumalbumin	0,534	0,004	27
Wadenumfang	0,716	0,002	16

Neben der Aufenthaltsdauer zeigte sich auch ein negativer Zusammenhang mit dem Laborparameter CRP ($r=-0,442$; $p<0,05$), der als Entzündungsmarker bekannt ist. Ein höherer GCS Wert, also ein leichteres Schädelhirntrauma, ging mit einem geringeren CRP Wert einher. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 4 veranschaulicht. Dies könnte dadurch begründet sein, dass PatientInnen mit einem niedrigen GCS Wert und einem schweren Schädelhirntrauma auf der Intensivstation behandelt werden und eine Infektion eine bekannte Komplikation bei IntensivpatientInnen darstellt. Wiederum wurde die Korrelation getrennt nach den verschiedenen Gruppen untersucht und es zeigte sich eine signifikante Korrelation sowohl bei den Männern, als auch bei den Frauen, was trotz des geringen Frauenanteils von 6 Patientinnen auf einen starken Zusammenhang dieser beiden Parameter schließen lässt. Bei den anderen Gruppen zeigte sich keine signifikante Korrelation.



Dies bedeutet, dass PatientInnen mit einem leichteren Grad des Schädelhirntraumas einen besseren Ernährungsstatus und daher höhere Werte der ernährungsspezifischen Parameter aufweisen. Demzufolge wird ein schweres Schädelhirntrauma mit einem schlechteren Ernährungsstatus bei der Aufnahme assoziiert. Aus diesem Grund ist es schwierig, die Gründe für eine längere Aufenthaltsdauer genau zu definieren. Es zeigte sich zwar, dass sowohl der Grad des Schädelhirntraumas als auch der Ernährungsstatus einen Einfluss auf die Aufenthaltsdauer haben, aber ein schlechter Ernährungsstatus ging auch mit einem schweren Schädelhirntrauma einher. Hierbei darf auch der Einfluss einer Infektion nicht vergessen werden. Die StudienteilnehmerInnen wurden nur zweimal in der Woche, Dienstags und Donnerstags, untersucht. Wurde ein Patient/eine Patientin nun am Donnerstagabend mit einem schweren Schädelhirntrauma auf die Intensivstation eingeliefert, könnte sich bis zur Erstuntersuchung des Patienten/der Patientin

am Dienstagmorgen eine Infektion entwickeln, die wiederum einen beträchtlichen Einfluss auf die ernährungsspezifischen Parameter hätte haben können.

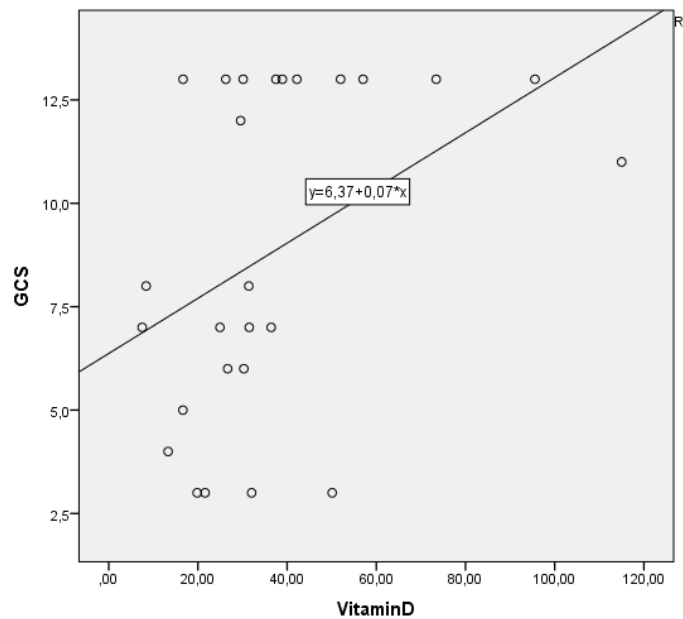


Abbildung 5: Zusammenhang GCS und Vitamin D
($r=0,435$; $p<0,05$)

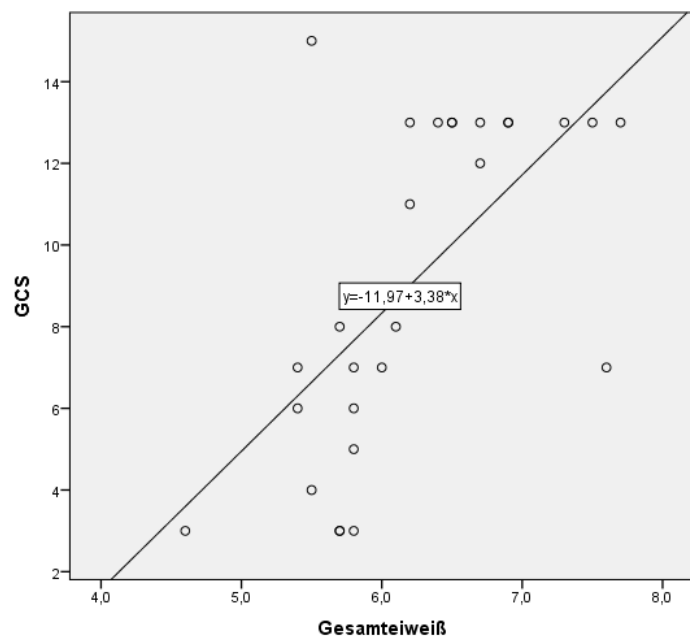


Abbildung 6: Zusammenhang GCS und Gesamteiweiß
($r=0,632$; $p<0,05$)

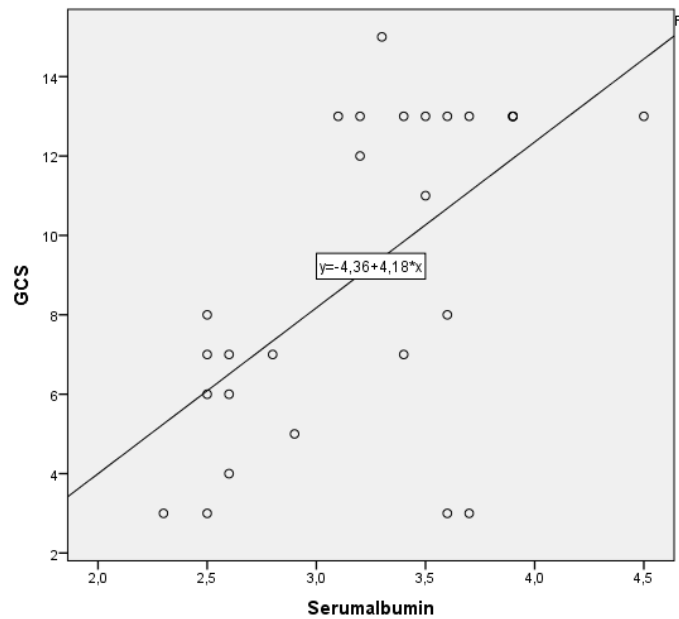


Abbildung 7: Zusammenhang GCS und Serumalbumin
($r=0,534$; $p<0,05$)

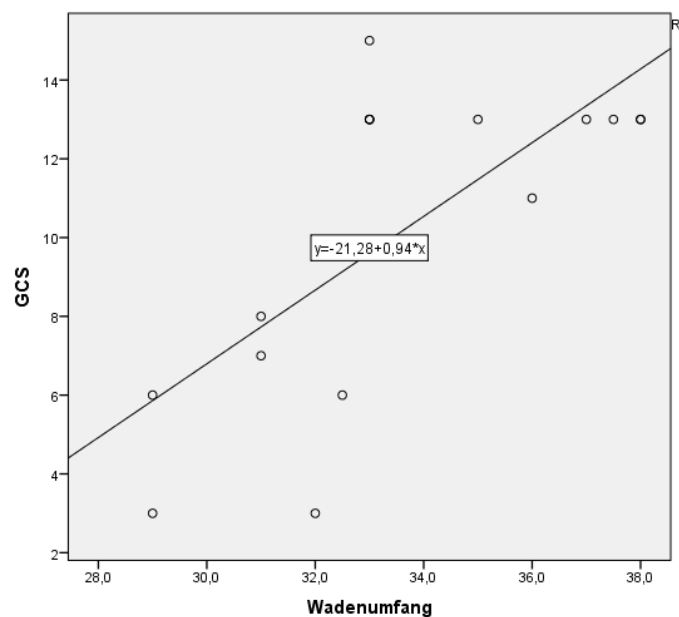


Abbildung 8: Zusammenhang GCS und Wadenumfang
($r=0,716$; $p<0,05$)

Die positive Korrelation von GCS mit Gesamteiweiß zeigte sich sowohl bei Frauen ($r=0,845$; $p<0,05$) als auch Männern ($r=0,546$; $p<0,05$) signifikant, mit dem Wadenumfang ($r=0,696$; $p<0,05$) nur bei den Männern und mit der Serumalbumin-Konzentration ($r=0,857$; $p<0,05$) nur bei den Frauen. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang bei den PatientInnen auf der Intensivstation und denen auf der Normalstation, jedoch

zeigte sich trotz der geringen Probandenzahl von 9 PatientInnen eine signifikante positive Korrelation von GCS und Gesamteiweiß bei den PatientInnen ohne Mangelernährung. Die Korrelation der beiden Parameter bei den mangelernährten PatientInnen erreichte keine Signifikanz, was vermutlich durch die geringe Patientenzahl von 3 PatientInnen begründet werden kann.

4.4. Phasenwinkel

Eine Untersuchung der Assoziation des Phasenwinkels mit dem Risiko für eine Mangelernährung, zeigte nicht nur eine signifikante Assoziation zwischen einem geringen Phasenwinkel und dem Risiko für eine Mangelernährung, sondern auch mit einer längeren Aufenthaltsdauer und der Mortalität. Aus diesem Grund gilt der Phasenwinkel als Diagnosekriterium, um bei der Aufnahme PatientInnen zu identifizieren, welche ein mögliches Risiko für eine Mangelernährung aufweisen (Kyle et al., 2013).

In der Studie, auf welcher diese Masterarbeit basiert, zeigte sich weder ein Zusammenhang zwischen dem Phasenwinkel und den ernährungsspezifischen Parametern, noch ein Zusammenhang zwischen dem Phasenwinkel und der Aufenthaltsdauer. Der Einfluss des Phasenwinkels auf das Überleben konnte nicht untersucht werden, da Mortalität in dieser Studie als Drop-Out Kriterium festgelegt wurde.

Die Korrelationen des Phasenwinkels sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Korrelationen des Phasenwinkels mit weiteren gemessenen Parametern

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Alter	-0,475	0,011	28
Grundumsatz	0,387	0,048	28
ECW Prozent	-0,807	0,000	28
WB	-0,771	0,000	28
BCM kg	0,696	0,000	28
ECM/BCM	-0,736	0,000	28
Zellanteil	0,799	0,000	28
ECW Liter	-0,453	0,015	28

BCM Prozent	0,593	0,001	28
-------------	-------	-------	----

Eine signifikant negative Korrelation des Phasenwinkels mit dem Alter wurde gefunden ($r=-0,475$; $p<0,05$). Eine genauere Untersuchung dieser Korrelation zeigte auch eine signifikante Korrelation der beiden Parameter bei den Männern ($r=-0,639$; $p<0,05$). Außerdem zeigte sich eine signifikante Korrelation bei den PatientInnen auf der Normalstation ($r=-0,807$; $p<0,05$), jedoch nicht bei denen auf der Intensivstation. Diese Ergebnisse können eventuell dadurch begründet werden, dass das mittlere Alter der PatientInnen auf der Normalstation höher war als bei denen auf der Intensivstation. Auch bei den PatientInnen mit einem negativen Ernährungsscreening zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen dem Alter und dem Phasenwinkel ($r=-0,845$; $p<0,05$).

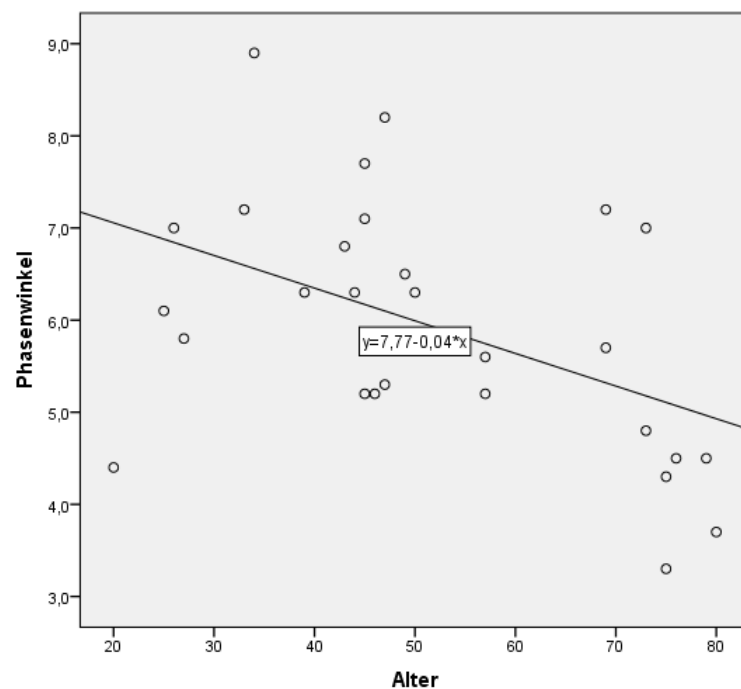


Abbildung 9: Zusammenhang Phasenwinkel und Alter
($r=-0,475$; $p<0,05$)

In der Studie von Kyle et al. (2013) wiesen PatientInnen mit einem geringen Phasenwinkel neben der Assoziation mit dem Mangelernährungsrisiko und der Aufenthaltsdauer außerdem eine signifikant geringere fettfreie Masse und eine signifikant höhere Fettmasse auf als PatientInnen mit einem normalen Phasenwinkel. Außerdem hatten PatientInnen mit einem geringen Phasenwinkel geringere Serumalbuminkonzentrationen als PatientInnen mit einem normalen Phasenwinkel. Der Phasenwinkel nahm so-

wohl bei den PatientInnen als auch in der Kontrollgruppe mit dem Alter ab (Kyle et al., 2013).

Die Assoziation des Alters mit dem Phasenwinkel, wonach ein höheres Alter mit einem geringeren Phasenwinkel verbunden wird, konnte auch in dieser Studie bewiesen werden.

Die biologische Bedeutung des Phasenwinkels wird noch nicht komplett verstanden, aber er gilt als Indikator für Zellgesundheit. Infolgedessen bedeutet ein hoher Phasenwinkel eine bessere Zellfunktion. Ein reduzierter Phasenwinkel bei älteren Personen könnte eine Abnahme der generellen Gesundheit und der körperlichen Funktion, welche mit dem Altern assoziiert sind, reflektieren. Nachdem der Phasenwinkel durch das Verhältnis der intra- und extrazellulären Flüssigkeitsbalance beeinflusst wird, werden geringere Werte bei älteren und kranken Personen als Reflexion der Reduktion der Körperzellmasse und somit des intrazellulären Wassers gesehen, was verstärkt wird durch das Auftreten von Ödemen und einer extrazellulären Akkumulation beim Altern und bei einem schlechten Gesundheitsstatus (Kyle, Soundar, Genton, & Pichard, 2012).

Gegenteilig zu diesen Beobachtungen zeigte sich jedoch keine Korrelation des Phasenwinkels mit der Fettmasse bei der Studie des UKH Meidling. Es zeigte sich jedoch eine signifikant positive Korrelation des Phasenwinkels mit den BIA-Parametern Grundumsatz, BCM in kg und Prozent und mit dem Zellanteil, sowie eine signifikant negative Korrelation mit den Parametern ECW in Liter und in Prozent, Wasserbalance und mit der ECM/BCM Ratio.

Die positive Korrelation des Phasenwinkels mit der BCM kommt durch die direkte Proportionalität der beiden Parameter zu Stande (Data Input GmbH, 2005).

Der Zellanteil bezeichnet den Anteil der Körperzellmasse an der Magermasse, nachdem die Körperzellmasse direkt proportional zum Phasenwinkel ist, ist auch dieser Zusammenhang dadurch zu erklären.

Der Phasenwinkel ist abhängig vom Hydratationsstatus. Ein hoher Phasenwinkel ist ein Hinweis auf Dehydratation. Dadurch lässt sich der negative Zusammenhang des Phasenwinkels mit den für den Flüssigkeitshaushalt spezifischen Parametern erklären. Ein guter Ernährungszustand lässt sich an Hand eines hohen Phasenwinkels und eines nied-

rigen ECM/BCM Index erkennen, dadurch kann die signifikante negative Korrelation der beiden Parameter erklärt werden (Müller, 2011).

Im Vergleich mit anderen Studien, bei denen der Phasenwinkel und somit eine mögliche Mangelernährung der PatientInnen direkt bei der Aufnahme ins Krankenhaus evaluiert wurde und dadurch ausgeschlossen werden konnte, dass die Fehlernährung eine Folge des Krankenaufenthaltes war, (Kyle et al., 2013), könnte der Faktor „erster Messzeitpunkt“ bei der im UKH Meidling durchgeführten Studie kritisiert werden. Die Messung der PatientInnen wurde nur an zwei Tagen in der Woche, dienstags und donnerstags, durchgeführt wurden. Wurde ein Patient/eine Patientin beispielsweise an einem Donnerstagabend eingeliefert, dauerte es bis Dienstag, bis diese Person für die Studienzwecke gemessen wurde. Während dieser Zeit könnten sich auf Grund der Schwere des Schädelhirntraumas erste Symptome der Mangelernährung entwickelt haben und somit die Ergebnisse beeinflusst haben.

Die Bestimmung des Phasenwinkels ist von hohem Interesse, weil es sich dabei um eine nicht invasive, objektive, direkte und schnelle (weniger als 2 Minuten) Methode für die Beurteilung des Ernährungs- und Morbiditätsrisiko handelt. Während Ernährungsscreening Tools zwar auch nicht invasiv sind, erfordern sie mehr Zeit und sind partiell subjektiv. Da es sich beim Phasenwinkel um einen direkten Messparameter handelt, der keine Größen- beziehungsweise Gewichtsbestimmung erfordert, liefert diese Methode sehr schnell und zeitnah brauchbare Ergebnisse. Eine Untersuchung der Genauigkeit des Phasenwinkels, ein Ernährungsrisiko in einer großen Kohorte in einem Krankenhaus, verglichen mit einer gesunden Kontrollgruppe zu identifizieren, zeigte außerdem eine signifikante und beständige Sensitivität und Spezifität zwischen dem Phasenwinkel und drei unabhängigen Ernährungsbeurteilungen beziehungsweise Screening Tools, dem NRS-2002, dem SGA und der Serumalbumin Konzentration (Kyle et al., 2012).

Daten über die Körperzusammensetzung könnten eine signifikante Rolle spielen bei der Evaluation des Ernährungsstatus und der Voraussage des klinischen Outcomes bei kritisch kranken PatientInnen. Nur wenige Studien haben die BIA in der Bewertung des Ernährungsstatus bei kritisch kranken PatientInnen verwendet. Der Grund dafür ist, dass derartige PatientInnen typischerweise überhydriert sind und häufig Zustände aufweisen, welche Fehler bei der BIA Messung verursachen könnten. Es wurde jedoch gezeigt, dass der Phasenwinkel weniger durch Überhydration beeinflusst wird und ein guter Pa-

parameter für das klinische Outcome ist. Nachdem kritisch kranke PatientInnen häufig einer raschen Veränderung der Körperzusammensetzung durch die Erkrankung selbst und durch den Hypermetabolismus ausgesetzt sind, kann es sinnvoll sein, die Körperzusammensetzung auf der Intensivstation für die Ernährungsintervention und die medizinische Behandlung zu beobachten (Lee, Kwon, Shin, & Lee, 2015).

Eine weitere Studie setzte es sich zum Ziel, den Phasenwinkel mittels BIA bei septischen PatientInnen zu berechnen und Werte mit klinischen und biochemischen Markern zu korrelieren und diese mit Referenzwerten zu vergleichen. Die Sepsis ist eine komplexe Krankheit, die mit einer systematischen inflammatorischen Antwort in Folge einer Infektion einhergeht. Sie ist die häufigste Ursache für die Aufnahme auf die Intensivstation und die häufigste Todesursache bei IntensivpatientInnen. Die Durchschnittswerte des Phasenwinkels bei den septischen PatientInnen waren geringer als die Referenzwerte der gesunden Population. Die Phasenwinkelwerte zeigten jedoch keine Assoziation mit den klinischen und biochemischen Parametern (Carvalho Berbigier, Fernandes Pasinato, de Almeida Rubin, & Dalira Schweigert Perry, 2013).

Auch in der Studie des UKH Meidlings konnte keine signifikante Korrelation zwischen dem Phasenwinkel und dem Entzündungsparameter CRP festgestellt werden.

Obwohl der Phasenwinkel schon als prognostischer Indikator und als Prädiktor des Überlebens bei bestimmten klinischen Zuständen verwendet wurde und geringe Phasenwinkelwerte bei kritischen PatientInnen mit einer schlechteren Krankheitsentwicklung und einer höheren Mortalität korrelieren, konnte kein Zusammenhang zwischen dem Phasenwinkel und einer Sepsis gezeigt werden (Carvalho Berbigier et al., 2013).

Bei dieser Untersuchung wurden die Korrelationen der Daten zum Aufnahmezeitpunkt untersucht und zu diesem Zeitpunkt konnte kein Zusammenhang zwischen dem Entzündungsparameter CRP und dessen Einfluss auf die Körperzusammensetzung festgestellt werden. Die genauere Betrachtung des Verlaufs zwischen den drei Untersuchungszeitpunkten könnte jedoch eventuell einen solchen Zusammenhang auf Grund der längeren Beobachtungsphase aufzeigen und wird in der Arbeit von Sarah Würth beschrieben.

4.5. Alter

Neben der schon erwähnten signifikant negativen Korrelation des Alters mit dem Phasenwinkel ($r=-0,475$; $p<0,05$), zeigte sich auch eine signifikant negative Korrelation des Alters mit dem Zellanteil ($r=-0,526$; $p<0,05$) und BCM in Prozent ($r=-0,500$; $p<0,05$). Eine signifikant positive Korrelation konnte zwischen dem Alter und den BIA-Parametern ECW in Prozent ($r=0,487$; $p<0,05$), Wasserbalance ($r=0,472$; $p<0,05$) und dem ECM/BCM Ratio ($r=0,517$; $p<0,05$) festgestellt werden (Tabelle 10).

Tabelle 10: Korrelationen des Alters mit Parametern der Körperzusammensetzung

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,475	0,011	28
ECW Prozent	0,487	0,009	28
WB	0,472	0,011	28
ECM/BCM	0,517	0,005	28
Zellanteil	-0,526	0,004	28
BCM Prozent	-0,500	0,007	28

Bei geriatrischen PatientInnen erweisen sich die klassischen anthropometrischen Methoden zur Beurteilung des Ernährungszustandes als wenig sinnvoll. Durch die progressive Abnahme der Körpergröße im Alter weist der BMI beispielsweise eine nur geringe Aussagekraft auf. Auf diese Weise kann auch eine langsame Abnahme des Körpergewichtes durch die stetige Abnahme der Körpergröße kaschiert werden. Des Weiteren zeigen sich im Alter Verschiebungen der Relation der Fett- und Muskelmasse zugunsten der Fettmasse, dadurch ist ein Verlust der fettfreien Masse durch die reine Gewichtsbestimmung nicht festzustellen. Durch eine Flüssigkeitsretention kann ein progressiver Abbau der fettfreien Masse außerdem maskiert werden (Wirth & Miklis, 2005).

Diese Veränderungen konnten auch bei den PatientInnen der im UKH Meidling durchgeführten Studie beobachtet werden. Ein höheres Alter wurde mit einem geringeren Phasenwinkel, einem geringeren Zellanteil und einer geringeren Menge der BCM in Prozent assoziiert, welche als Parameter für die fettfreie Masse gelten. Außerdem zeig-

ten sich höhere Werte der WB, der ECW in Prozent und des ECM/BCM Index bei einem höheren Alter.

Unterernährte ältere Personen weisen längere Krankheitsepisoden, längere Krankenhausaufenthalte, eine größere Rate an Infektionen, eine verzögerte Wundheilung, einen verringerten Appetit und eine höhere Mortalitätsrate auf. Sowohl Unterernährung als auch Mangelernährung sind mit einer schlechteren Erholung assoziiert (Paillaud et al., 2005).

Die Wichtigkeit eine tatsächliche Mangelernährung von einem Risiko für Mangelernährung zu unterscheiden, liegt in der unterschiedlichen Outcomeprognose. Während Personen mit einem Risiko für Mangelernährung, wenn identifiziert, empfänglich für eine Intervention sind und somit der Verlauf umgekehrt werden kann, ist es bei einer tatsächlichen Mangelernährung wahrscheinlicher, dass diese bestehen bleibt und zu einem schlechteren Outcome führt. Eine Untersuchung der Einflussfaktoren für die Entstehung einer Mangelernährung, bei älteren PatientInnen, zeigte bei den mangelernährten PatientInnen einen geringeren Bildungsstatus, einen geringeren BMI, geringere soziale Kontakte, eine höhere Anzahl an Depressionen und eine geringere körperliche und kognitive Funktion. Des Weiteren zeigte sich eine höhere Prävalenz von Kauproblemen, Übelkeit und Erbrechen. Die mangelernährte Gruppe wies außerdem eine geringere Aufnahme von Obst, Gemüse und Flüssigkeiten, einen geringeren Appetit und Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme auf (Feldblum et al., 2007).

Die Diagnostik der Mangelernährung mittels Phasenwinkels bei älteren PatientInnen erweist sich als schwierig, da der Phasenwinkel im Alter generell abnimmt. Jedoch kann die BIA dazu verwendet werden, um trotz eines normalen Gewichts, Veränderungen in der Körperzusammensetzung zu diagnostizieren, welche Hinweise auf das Vorliegen einer Mangelernährung geben können.

Die BIA ist bei älteren PatientInnen kaum und bei geriatrischen PatientInnen überhaupt nicht validiert. Der MNA stellt eine etablierte Methode zur Beurteilung des Ernährungsrisikos bei älteren Personen dar. In einer Studie wurde mittels einer Regressionsanalyse des Phasenwinkels im Vergleich zum MNA und zum Serumalbumin ein Grenzwert von $4,0^\circ$ für geriatrische PatientInnen aufgestellt. Bei einem Wert unter $4,0^\circ$ liegt wahrscheinlich eine Mangelernährung vor, welche durch weitere Diagnosekriterien abgeklärt werden sollte (Wirth & Miklis, 2005).

4.6. Einfluss von Körpergröße, Körpergewicht, BMI und Grundumsatz

Tabellen 11 bis 14 zeigen die Korrelationen der anthropometrischen Parameter Körpergröße, Körpergewicht und BMI sowie des Grundumsatzes mit weiteren gemessenen Parametern. Diese Parameter korrelieren vor allem miteinander, da die Berechnung des BMI und des Grundumsatzes auf den Variablen Körpergröße und Körpergewicht basiert. Des Weiteren weisen sie Korrelationen mit den BIA-Parametern auf.

Scheinbare Korrelationen der BIA-Messgrößen mit anderen Parametern können sich ergeben, da in die Regressionsgleichungen der BIA sowohl Körpergewicht als auch Körpergröße einbezogen werden. Auf diese Weise kann zum Beispiel eine Korrelation der Fettmasse mit dem BMI erklärt werden (Wirth & Miklis, 2005).

Keine der Messgrößen erreichte eine signifikante Korrelation mit den Laborparametern. Nur das Körpergewicht wies eine signifikant positive Korrelation mit dem Wadenumfang auf ($r=0,506$; $p<0,05$).

Die Körpergröße zeigte eine signifikant positive Korrelation mit dem Grundumsatz ($r=0,433$; $p<0,05$) und den BIA-Parametern TBW in Liter ($r=0,451$; $p<0,05$), ECM in kg ($r=0,493$; $p<0,05$), FFM in kg ($r=0,520$; $p<0,05$) und ECW in Liter ($r=0,382$; $p<0,05$). Eine größere Körpergröße war mit höheren Werten dieser Parameter assoziiert.

Tabelle 11: Korrelationen der Körpergröße mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Grundumsatz	0,433	0,021	28
TBW Liter	0,451	0,016	28
ECM kg	0,493	0,008	28
FFM kg	0,520	0,005	28
ECW Liter	0,382	0,045	28

Eine höheres Gewicht wurde mit einem höheren Wadenumfang ($r=0,506$; $p<0,05$), einem höheren BMI ($r=0,898$; $p<0,05$) und einem höheren Grundumsatz ($r=0,848$; $p<0,05$) assoziiert. Außerdem zeigte sich eine positive Korrelation des Gewichtes mit

den BIA-Parametern TBW in Liter ($r=0,803$; $p<0,05$), ECM in kg ($r=0,586$; $p<0,05$), BCM in kg ($r=0,604$; $p<0,05$), FFM in kg ($r=0,806$; $p<0,05$), FM in kg ($r=0,739$; $p<0,05$), FM in Prozent ($r=0,496$; $p<0,05$) und ECW in Liter ($r=0,540$; $p<0,05$), sowie eine negative Korrelation mit den Parametern FFM in Prozent ($r=-0,496$; $p<0,05$) sowie TBW in Prozent ($r=-0,541$; $p<0,05$).

Tabelle 12: Korrelationen des Körpergewichts mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie BMI, Grundumsatz und Wadenumfang

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
BMI	0,898	0,000	28
Grundumsatz	0,848	0,000	28
TBW Liter	0,803	0,000	28
ECM kg	0,586	0,001	28
BCM kg	0,604	0,001	28
FFM kg	0,806	0,000	28
FM kg	0,739	0,000	28
FM Prozent	0,496	0,007	28
Wadenumfang	0,506	0,038	17
ECW Liter	0,540	0,003	28
FFM Prozent	-0,496	0,007	28
TBW Prozent	-0,541	0,003	28

In ähnlicher Weise zeigte sich eine positive Korrelation des BMI mit den Parametern Gewicht ($r=0,898$; $p<0,05$), Grundumsatz ($r=0,674$; $p<0,05$), TBW in Liter ($r=0,614$; $p<0,05$), ECM in kg ($r=0,377$; $p<0,05$), BCM in kg ($r=0,467$; $p<0,05$), FFM in kg ($r=0,588$; $p<0,05$), FM in kg ($r=0,818$; $p<0,05$), FM in Prozent ($r=0,635$; $p<0,05$) und ECW in Liter ($r=0,378$; $p<0,05$) sowie eine negative Korrelation des BMI mit den Parametern FFM in Prozent ($r=-0,635$; $p<0,05$) und TBW in Prozent ($r=-0,625$; $p<0,05$).

Tabelle 13: Korrelationen des BMI mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie Gewicht und Grundumsatz

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Gewicht	0,898	0,000	28
Grundumsatz	0,674	0,000	28
TBW Liter	0,614	0,001	28
ECM kg	0,377	0,048	28
BCM kg	0,467	0,012	28
FFM kg	0,588	0,001	28
FM kg	0,818	0,000	28
FM Prozent	0,635	0,000	28
ECW Liter	0,378	0,047	28
FFM Prozent	-0,635	0,000	28
TBW Prozent	-0,625	0,000	28

Der Grundumsatz zeigte eine signifikant positive Korrelation mit den anthropometrischen Parametern Größe ($r=0,433$; $p<0,05$), Gewicht ($r=0,848$; $p<0,05$) und BMI ($r=0,674$; $p<0,05$) sowie mit den BIA-Parametern Phasenwinkel ($r=0,387$; $p<0,05$), ECM in kg ($r=0,507$; $p<0,05$), BCM in kg ($r=0,787$; $p<0,05$), FFM in kg ($r=0,873$; $p<0,05$), FM in kg ($r=0,411$; $p<0,05$), TBW in Liter ($r=0,846$; $p<0,05$) und ECW in Liter ($r=0,393$; $p<0,05$), sowie eine negative Korrelation mit ECW in Prozent ($r=-0,378$; $p<0,05$).

Tabelle 14: Korrelationen des Grundumsatzes den anthropometrischen Parametern und den Parametern der Körperzusammensetzung

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	0,387	0,042	28
Größe	0,433	0,021	28
Gewicht	0,848	0,000	28
BMI	0,674	0,000	28

ECW Prozent	-0,378	0,047	28
TBW Liter	0,846	0,000	28
ECM kg	0,507	0,006	28
BCM kg	0,787	0,000	28
FFM kg	0,873	0,000	28
FM kg	0,411	0,030	28
ECW Liter	0,393	0,038	28

4.7. Vitamin D

Laut DGE 2012 soll die 25-Hydroxyvitamin D-Konzentration bei mindestens 50 nmol/l liegen. Für die Berechnung des Ernährungsscore wurde ein Grenzwert von 20 nmol/l festgelegt. An Hand dieser Werte wurden die PatientInnen in drei Gruppen eingeteilt und die deskriptiven Kennwerte dieser Gruppen werden in Tabelle 15 dargestellt. Der BMI unterschied sich signifikant zwischen den BMI-Gruppen ($p < 0,05$), die weiteren Unterschiede erwiesen sich jedoch nicht als signifikant.

Tabelle 15: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Vitamin-D-Konzentrationen

	Vitamin D ≤ 20 nmol/l	Vitamin D 21-49 nmol/l	Vitamin D ≥ 50 nmol/l
Anzahl PatientInnen	6	15	6
Geschlechterverteilung	4 männlich/ 2 weiblich	14 männlich/ 1 weiblich	3 männlich/ 3 weiblich
Alter (Jahre)	47,8 $\pm$ 19,1 (20-80)	49,0 $\pm$ 16,5 (25-75)	57,8 $\pm$ 20,8 (27-76)
Aufenthaltsdauer (Tage)	33,0 $\pm$ 14,5 (14-58)	27,7 $\pm$ 15,2 (11-66)	31,7 $\pm$ 15,4 (19-61)
BMI (kg/m ²)	22,3 $\pm$ 4,5 (17,3-29,6) $p=0,024$	28,0 $\pm$ 4,1 (22,5-37,7) $p=0,024$	27,3 $\pm$ 3,2 (23,6-30,8) $p=0,024$
Mangelernährung	2 Ja/0 Nein (4 fehlend)	1 Ja/6 Nein (8 fehlend)	1 Ja/3 Nein (2 fehlend)

Die Vitamin-D-Konzentration wies nicht nur eine signifikante Korrelation mit dem GCS Wert ($r=0,424$; $p<0,05$) auf, sondern auch mit den ernährungsspezifischen Parametern Gesamteiweiß ($r=0,422$; $p<0,05$), Serumalbumin ($r=0,514$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,582$; $p<0,05$) und den BIA-Parametern FM in kg ($r=0,448$; $p<0,05$) und Prozent ($r=0,503$; $p<0,05$), FFM in Prozent ($r=-0,503$; $p<0,05$) und TBW in Prozent ($r=-0,525$; $p<0,05$).

Tabelle 16: Korrelationen des Vitamin D mit weiteren gemessenen Parametern

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
GCS	0,424	0,031	26
Gesamteiweiß	0,422	0,028	27
Serumalbumin	0,514	0,006	27
FM kg	0,448	0,019	27
FM Prozent	0,503	0,008	27
Wadenumfang	0,582	0,018	16
FFM Prozent	-0,503	0,008	27
TBW Prozent	-0,525	0,000	28

Auf die signifikant positive Korrelation des Vitamin D mit dem GCS Wert wurde schon in Kapitel 4.3 eingegangen. Des Weiteren zeigte sich eine signifikant positive Korrelation des Vitamin D mit den ernährungsspezifischen Parametern Gesamteiweiß ($r=0,422$; $p<0,05$), Serumalbumin ($r=0,514$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,582$; $p<0,05$). Daraus lässt sich schließen, dass eine hohe Vitamin-D-Konzentration im Plasma mit einer höheren Konzentration der Plasmaproteine Gesamteiweiß und Serumalbumin und einem höheren Wadenumfang einhergeht, die wiederum mit einem besseren Ernährungsstatus assoziiert sind. Somit kann die Vitamin-D-Konzentration des Plasmas als prädiktiver Parameter für den Ernährungsstatus verwendet werden.

Bei getrennter Untersuchung der Korrelationen in den verschiedenen Gruppen, blieben die Korrelation von Vitamin D und Serumalbumin bei den Männern ($r=0,438$; $p<0,05$) signifikant, sowie die Korrelation von Vitamin D und Gesamteiweiß bei den Frauen ($r=0,838$; $p<0,05$). Bei den Intensivpatienten zeigte sich eine signifikant positive Korre-

lation von Vitamin D und Serumalbumin ($r=0,542$; $p<0,05$) sowie dem Wadenumfang ($r=0,726$; $p<0,05$). Bei den Patienten mit beziehungsweise ohne Mangelernährung erreichten die Korrelationen keine Signifikanz.

Darüber hinaus wurde eine signifikant positive Korrelation der Vitamin-D-Konzentration mit der Fettmasse, gemessen in Kilogramm ($r=0,448$; $p<0,05$) und Prozent ($r=0,503$; $p<0,05$) berechnet. Eine höhere Fettmasse wird mit einem besseren Ernährungszustand und somit einer besseren Versorgung mit essentiellen Nährstoffen verbunden.

Außerdem zeigte sich ein signifikant negativer Zusammenhang von Vitamin D und der fettfreien Masse in Prozent ($r=-0,503$; $p<0,05$) sowie dem Gesamtkörperwassers in Prozent ($r=-0,525$; $p<0,05$). Eine höhere Vitamin-D-Konzentration wird mit einem geringeren Anteil der fettfreien Masse (%) in Verbindung gebracht. Dieser Zusammenhang lässt sich vermutlich auch dadurch erklären, dass der prozentuale Anteil der fettfreien Masse über die Fettmasse berechnet wird.

Der Krankheitsstatus führt häufig zur Erhöhung des TBW. Ein schwerer Krankheitsstatus kann mit einem höheren TBW Anteil und einer geringeren Vitamin-D-Konzentration in Verbindung stehen (Malbrain et al., 2014).

Bei Trauma-PatientInnen kommt es häufig zu einem Auftreten von Wundheilungsstörungen. Ein schlechter Ernährungsstatus könnte in Verbindung mit oxidativem Stress die Entstehung von Wundheilungsstörungen begünstigen, jedoch gibt es dazu noch wenig Daten. Wundheilungsstörungen sind mit einer verlängerten Aufenthaltsdauer und einer erhöhten Morbidität sowie Mortalität assoziiert. Der bei Wundheilungsstörungen zugrunde liegende pathophysiologische Mechanismus ist noch nicht komplett verstanden (Blass et al., 2013).

Es besteht die Hypothese, dass eine Protein- beziehungsweise Energie-Mangelernährung mit einem erhöhten Risiko für Wundheilungsstörungen einhergeht. Der Mangel an Energie und Aminosäuren könnte die Wundheilung in Folge der verringerten körperlichen Kapazität der Zellreparatur erschweren (Thompson & Fuhrman, 2005).

Eine geringe Nahrungs- beziehungsweise Energieaufnahme führt häufig zu einer unzureichenden Versorgung mit essentiellen Mikronährstoffen. Einige Vitamine und Spurenelemente wie Retinol, Ascorbinsäure, 25-Hydroxycholecalciferol und Zink sind in die

Kollagenbiosynthese, Zellteilung und Epithelisierung involviert. Aus diesem Grund kann eine unzureichende Nährstoffaufnahme zur Entstehung von Wundheilungsstörungen führen oder eine bestehende Wundheilungsstörung noch verschlechtern (Blass et al., 2013).

Ferner wird noch immer diskutiert, ob bei Trauma-PatientInnen ein höherer Bedarf an Mikronährstoffen besteht (Thompson & Fuhrman, 2005).

Eine unzureichende Aufnahme könnte zu intra- beziehungsweise extrazellulären Mängeln führen, welche in einem Ungleichgewicht von Pro- und Antioxidantien resultiert. Diese Dysbalance hat Einfluss auf zytogene Effekte und führt infolgedessen zu einer Verschlechterung der Wundheilung (Blass et al., 2013).

Blass et al. (2013) untersuchten in einer Querschnittsstudie den Status von extrazellulären Mikronährstoffen bei erwachsenen Trauma-PatientInnen mit Wundheilungsstörungen. Bei 44 Trauma-PatientInnen wurden die Plasma- beziehungsweise Serumkonzentrationen von verschiedenen Mikronährstoffen (Retinol, Ascorbinsäure, 25-Hydroxycholecalciferol, α -Tocopherol, β -Carotin, Selen und Zink) sowie ausgewählten Serumproteinen (Albumin, Präalbumin, C-reaktives Protein CRP) und Marker der pro beziehungsweise antioxidativen Balance (antioxidative Kapazität, Peroxide und Malondialdehyd) untersucht. Die Ergebnisse wurden anschließend mit Referenzwerten verglichen, um die Prävalenz des biochemischen Mangels zu berechnen. Die meisten PatientInnen wiesen niedrige Konzentrationen beziehungsweise Mängel auf. Die antioxidative Plasmakapazität war erniedrigt, wohingegen Peroxide und Malondialdehyd im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe erhöht waren.

Trauma-PatientInnen mit Wundheilungsstörungen leiden häufig an einer Protein-Mangelernährung und niedrigen Plasmakonzentrationen von bestimmten Mikronährstoffen möglicherweise aufgrund von Entzündungen, erhöhtem Bedarf an essentiellen Nährstoffen und einer oxidativen Belastung. Aus diesem Grund sind ernährungstherapeutische Maßnahmen wie zum Beispiel eine frühbeginnende Supplementation bei hospitalisierten Trauma-PatientInnen sehr zu empfehlen (Blass et al., 2013).

4.8. Malondialdehyd

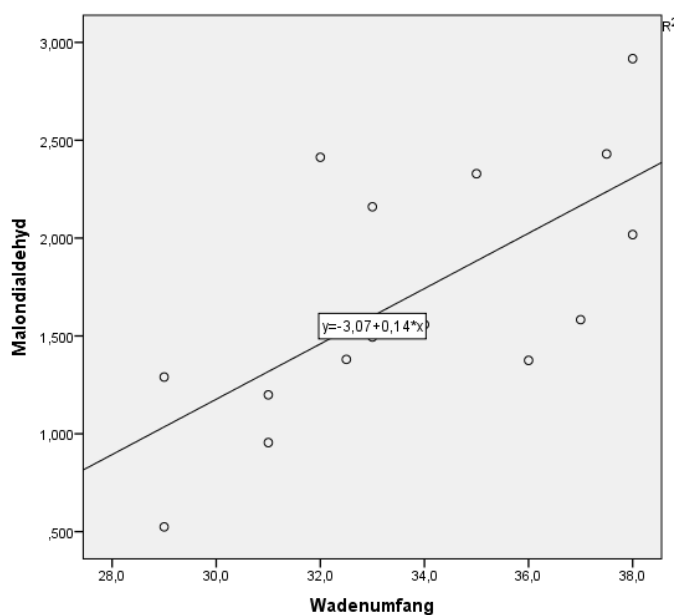
Posttraumatische und postchirurgische metabolische Vorkommnisse, wie Entzündung und oxidativer Stress, können zu geringeren Plasmawerten von Ascorbinsäure und β -

Carotin führen. Geringe Plasmawerte dieser Mikronährstoffe könnten ein begleitendes Phänomen unter Berücksichtigung der erhöhten CRP, MDA und Peroxid Werte sein. Der oxidative Stress bei PatientInnen mit Wundheilungsstörungen wurde bei der Studie von Blass et al. (2013) durch die erhöhten Peroxid Werte gezeigt. Die antioxidative Kapazität war niedriger bei PatientInnen mit Wundheilungsstörungen, möglicherweise in Folge von niedrigeren Konzentrationen von einigen endogenen (z.B. Albumin) und exogenen (z.B. Ascorbinsäure) Antioxidantien mit einem hohen Beitrag zur antioxidativen Plasmakapazität. Trotz der geringen Spezifität von MDA, suggerieren die erhöhten MDA Werte eine erhöhte Lipidperoxidation bei PatientInnen mit Wundheilungsstörungen, was sich mit erhöhten Peroxidwerten und einer geringeren antioxidativen Kapazität deckt (Blass et al., 2013).

Die Malondialdehyd-Konzentration zeigte nur eine signifikant positive Korrelation mit dem Wadenumfang ($r=0,674$), welche in Tabelle 17 und in Abbildung 10 dargestellt ist.

Tabelle 17: Korrelationen des Malondialdehyd mit dem Wadenumfang

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Wadenumfang	0,674	0,004	16



**Abbildung 10: Zusammenhang Malondialdehyd und Wadenumfang
($r=0,674$; $p<0,05$)**

Eine höhere MDA-Konzentration wurde mit einem größeren Wadenumfang und somit einem besseren Ernährungsstatus assoziiert. Dieser Zusammenhang erreichte jedoch in keiner der Gruppen eine Signifikanz.

In der Studie von Blass et al. (2013) wurde die Malondialdehydkonzentration im Plasma von TraumapatientInnen mit einer gesunden Vergleichsgruppe verglichen. Bei den TraumapatientInnen lag die Konzentration bei $83.7 \pm 33.5 \mu\text{mol/L}$ und bei der Kontrollgruppe bei $14.3 \pm 4.1 \mu\text{mol/L}$. Im Vergleich dazu wies das Patientenkollektiv der Studie des UKH Meidling eine mittlere Malondialdehydkonzentration von $1,8 \pm 0,7 \mu\text{mol/L}$ auf. Verglichen mit den Ergebnissen von Blass et al. (2013) kann hierbei also nicht von einer deutlich erhöhten Malondialdehydkonzentration bei TraumapatientInnen berichtet werden. Dies kann vermutlich dadurch begründet werden, dass sich die vorliegende Studie mit Daten zum Aufnahmezeitpunkt der PatientInnen beschäftigt. Eine Analyse der späteren Untersuchungszeitpunkte könnte eine eventuelle Erhöhung der Malondialdehydkonzentration nachweisen.

Der Zusammenhang von MDA mit dem Wadenumfang widerspricht aber den Ergebnissen von Blass et al. (2013). Eine erhöhte MDA-Konzentration wird bei der dieser Masterarbeit zugrunde liegenden Studie mit einem höheren Wadenumfang also mit einem besseren Ernährungsstatus assoziiert. Blass et al. (2013) brachten jedoch eine erhöhte Konzentration mit einem schlechteren Ernährungszustand und einem Mangel an Mikronährstoffen und niedrigeren Konzentrationen der ernährungsspezifischen Parameter in Verbindung.

Da sich diese Korrelation bei der Studie des UKH Meidling nur bei einem sehr kleinen Patientenkollektiv von 17 PatientInnen zeigte, sich dieser Zusammenhang bei genauerer Betrachtung in keiner der Gruppen bestätigte und auch den bisherigen Studienergebnissen widerspricht, kann dieses Ergebnis vernachlässigt werden.

4.9. CRP

Das CRP stellt wie in Kapitel 2.2.3.5 das Entzündungsgeschehen dar. Die PatientInnen wurden in zwei Gruppen eingeteilt, je nachdem ob sie erhöhte Entzündungswerte aufwiesen oder nicht, und die Unterschiede dieser zwei Gruppen werden in der folgenden

Tabelle (Tabelle 18) beschrieben. Die Unterschiede zwischen den zwei Gruppen erreichten jedoch keine statistische Signifikanz.

Tabelle 18: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der CRP-Konzentrationen

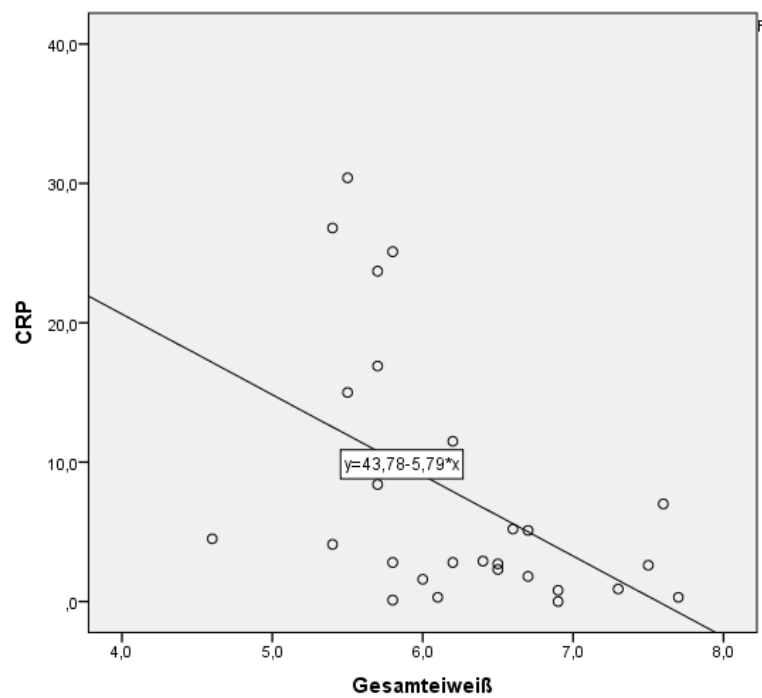
	CRP < 10 mg/l	CRP ≥ 10 mg/l
Anzahl PatientInnen	20	8
Geschlechterverteilung	14 männlich/6 weiblich	8 männlich/0 weiblich
Alter (Jahre)	49,0 ± 18,2 (20-80)	58,5 ± 17,6 (26-79)
Aufenthaltsdauer (Tage)	27,3 ± 13,4 (11-61)	36,2 ± 15,5 (21-66)
BMI (kg/m ²)	26,4 ± 4,9 (17,3-37,7)	26,5 ± 4,0 (21,1-32,7)
Mangelernährung	4 Ja/ 8 Nein (8 fehlend)	0 Ja/1 Nein (7 fehlend)

Die Korrelationen des CRP mit den anderen untersuchten Parametern werden in Tabelle 19 dargestellt. Die Assoziation des CRP mit dem GCS Wert wurde bereits in Kapitel 4.3 besprochen, in ähnlicher Weise zeigte sich eine signifikant negative Korrelation des CRP mit den ernährungsspezifischen Parametern Gesamteiweiß ($r=-0,585$; $p<0,05$) und Serumalbumin ($r=-0,626$; $p<0,05$), welche auch in Abbildung 11 und Abbildung 12 veranschaulicht werden. Dieser Zusammenhang könnte durch zwei verschiedene Theorien begründet sein. Zum einen könnte man davon ausgehen, dass eine Entzündung sich negativ auf die ernährungsspezifischen Parameter Gesamteiweiß und Serumalbumin auswirkt und ein Absinken deren Konzentrationen bewirkt. Zum anderen könnte das Ergebnis in der Weise interpretiert werden, dass PatientInnen mit einem schlechteren Ernährungsstatus anfälliger für Infektionen sind.

Dieser signifikante Zusammenhang zwischen CRP und Serumalbumin ($r=-0,604$; $p<0,05$) beziehungsweise CRP und Gesamteiweiß ($r=-0,602$; $p<0,05$) zeigte sich auch bei den Männern, aber nicht bei den Frauen. Die Korrelation zwischen Gesamteiweiß und CRP war bei den PatientInnen auf der Normalstation ($r=-0,713$; $p<0,05$) signifikant, jedoch nicht bei den PatientInnen auf der Intensivstation. Auch bei den PatientInnen mit einem negativen Ernährungsscreening zeigte sich eine signifikante Korrelation dieser beiden Parameter ($r=-0,703$; $p<0,05$), aber nicht bei denen mit einer mittels Ernährungsscreening diagnostizierten Mangelernährung.

Tabelle 19: Korrelationen des CRP mit weiteren Analyseparametern der vorliegenden Studie

	Spearman Rho Korrelationskoeffizient	Signifikanz	n
GCS	-0,385	0,047	27
Gesamteiweiß	-0,585	0,001	28
Serumalbumin	-0,626	0,000	28
TBW Liter	0,474	0,011	28
ECM kg	0,403	0,034	28
FFM kg	0,448	0,017	28
ECW Liter	0,393	0,038	28



**Abbildung 11: Zusammenhang CRP und Gesamteiweiß
($r = -0,585$; $p < 0,05$)**

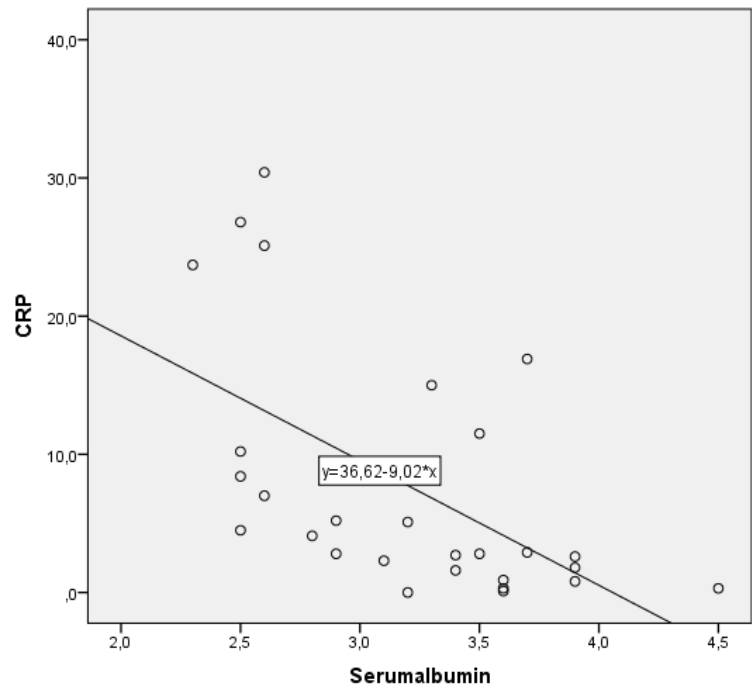


Abbildung 12: Zusammenhang CRP und Serumalbumin
($r=-0,626$; $p<0,05$)

Bei kritisch kranken PatientInnen werden hohe CRP und niedrige Serumalbumin Konzentrationen als prognostische Marker für die Bewertung des Krankheitsverlaufs verwendet (Carvalho Berbigier et al., 2013). Durch diese Beziehung lässt sich auch die signifikant negative Korrelation dieser Parameter erklären, wonach eine erhöhte CRP Konzentration mit einer erniedrigten Serumalbumin Konzentration einhergeht. Beide Veränderungen kennzeichnen einen schlechteren Krankheitsverlauf.

Außerdem zeigte sich eine signifikant positive Korrelation der CRP Konzentration mit den BIA-Parametern TBW in Liter ($r=0,474$; $p<0,05$), ECW in Liter ($r=0,393$; $p<0,05$), ECM in kg ($r=0,403$; $p<0,05$) und FFM in kg ($r=0,448$; $p<0,05$).

Die Korrelationen mit den Parametern TBW und ECW können durch den Einfluss des Krankheitsstatus auf den Flüssigkeitshaushalt erklärt werden. Durch die Krankheit, in diesem Fall die Entzündung, kommt es zu einer Erhöhung des TBW und des ECW, wobei letzteres auch durch Ödeme bedingt sein kann (Malbrain et al., 2014).

4.10. Gesamteiweiß

Die Analyse Gesamteiweiß-Konzentration kann dazu verwendet werden, ein Mangelernährungsrisiko aufzuweisen. An Hand der Referenzwerte für die Gesamteiweiß-

Konzentration wurden die PatientInnen in zwei Gruppen eingeteilt und die deskriptiven Kennwerte dieser Gruppen werden in Tabelle 20 beschrieben. Eine Gesamteiweiß-Konzentration unterhalb der Empfehlung wurde mit einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer ($p < 0,05$) assoziiert.

Tabelle 20: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Gesamteiweiß-Konzentration

	Gesamteiweiß $\leq 6,5$ g/dl	Gesamteiweiß $> 6,5$ g/dl
Anzahl PatientInnen	19	9
Geschlechterverteilung	16 männlich/3 weiblich	6 männlich/3 weiblich
Alter (Jahre)	$51,5 \pm 19,8$ (20-79)	$52,1 \pm 15,4$ (34-80)
Aufenthaltsdauer (Tage)	$34,6 \pm 14,8$ (16-66) $p=0,009$	$19,8 \pm 6,9$ (11-30) $p=0,009$
BMI (kg/m^2)	$25,9 \pm 4,3$ (17,3-25,9)	$27,4 \pm 5,3$ (18,9-27,7)
Mangelernährung	2 Ja/5 Nein (12 fehlend)	2 Ja/4 Nein (3 fehlend)

Die Korrelationen der Gesamteiweiß-Konzentration mit der Aufenthaltsdauer, dem GCS, den Laborparametern Vitamin D, CRP und Serumalbumin, dem Wadenumfang und den BIA-Parametern FM in kg und Prozent, sowie FFM in Prozent und TBW in Prozent sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Korrelationen des Gesamteiweiß mit weiteren gemessenen Parametern

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Aufenthaltsdauer	-0,465	0,013	28
GCS	0,633	0,000	27
Vitamin D	0,422	0,028	27
CRP	-0,483	0,009	28
Serumalbumin	0,578	0,001	28
FM kg	0,318	0,046	28
FM Prozent	0,448	0,017	28
Wadenumfang	0,713	0,001	17

FFM Prozent	-0,448	0,017	28
TBW Prozent	-0,545	0,003	28

Die Konzentration des Gesamteiweißes im Plasma korrelierte signifikant positiv mit den ernährungsspezifischen Parametern Serumalbumin ($r=0,578$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,713$; $p<0,05$), was darauf schließen lässt, dass die Gesamteiweißkonzentration ein guter Parameter für die Beurteilung des Ernährungsstatus ist.

Eine genauere Untersuchung dieser Korrelation bei den verschiedenen Gruppen zeigte, dass die Korrelation von Gesamteiweiß und Serumalbumin auch bei den Männern signifikant war ($r=0,451$; $p<0,05$). Bei den Frauen zeigte sich neben einer signifikanten Korrelation von Gesamteiweiß und Serumalbumin ($r=0,928$; $p<0,05$) auch eine signifikante Korrelation von Gesamteiweiß und Vitamin D ($r=0,838$; $p<0,05$). Der signifikante Zusammenhang zwischen Serumalbumin und Gesamteiweiß zeigte sich auch bei den PatientInnen auf der Normalstation ($r=0,636$; $p<0,05$).

Des Weiteren wurde eine positive Korrelation mit den BIA Parametern Fettmasse in kg ($r=0,318$; $p<0,05$) sowie Fettmasse in Prozent ($r=0,448$; $p<0,05$) berechnet. Ein höherer Fettanteil im Körper wurde mit einer höheren Gesamteiweiß-Konzentration im Plasma und in Folge dessen mit einem besseren Ernährungsstatus assoziiert.

Außerdem zeigte sich ein signifikant negativer Zusammenhang mit den BIA-Parametern FFM in Prozent ($r=-0,448$; $p<0,05$) und TBW in Prozent ($r=-0,545$; $p<0,05$). Eine niedrige Gesamteiweiß-Konzentration in Plasma wurde mit einem höheren Anteil der FFM in Prozent sowie des TBW in Prozent in Verbindung gebracht.

4.11. Serumalbumin

Neben dem Gesamteiweiß kann auch das Serumalbumin ein Mangelernährungsrisiko aufzeigen. Aus diesem Grund wurden die Serumalbumin-Konzentrationen der PatientInnen gleichermaßen mit den Referenzwerten verglichen und an Hand derer die PatientInnen in zwei Gruppen eingeteilt. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind wiederum in Tabelle 22 beschrieben, aber sie erwiesen sich nicht als signifikant.

Tabelle 22: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand der Serumalbumin-Konzentrationen

	Serumalbumin ≤ 3 g/dl	Serumalbumin > 3 g/dl
Anzahl PatientInnen	11	17
Geschlechterverteilung	9 männlich/2 weiblich	13 männlich/4 weiblich
Alter (Jahre)	45,3 $\pm$ 16,4 (20-69)	55,9 $\pm$ 18,5 (27-80)
Aufenthaltsdauer (Tage)	36,4 $\pm$ 15,8 (15-66)	25,6 $\pm$ 12,2 (11-61)
BMI (kg/m ²)	25,7 $\pm$ 4,5 (17,3-32,7)	26,8 $\pm$ 4,7 (18,9-37,7)
Mangelernährung	2 Ja/0 Nein (9 fehlend)	2 Ja/9 Nein (6 fehlend)

Die Serumalbumin-Konzentration im Plasma korrelierte wie schon in Kapitel 4.3 besprochen mit der Schwere des Schädelhirntraumas. Außerdem zeigte sich eine signifikant positive Korrelation mit den ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D ($r=0,514$; $p<0,05$), Gesamteiweiß ($r=0,578$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,728$; $p<0,05$) sowie eine signifikant negative Korrelation mit dem Entzündungsparameter CRP ($r=-0,568$; $p<0,05$) (Tabelle 23).

Tabelle 23: Korrelationen des Serumalbumins mit weiteren Stoffwechselfparametern

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
GCS	0,588	0,001	27
Vitamin D	0,514	0,006	27
CRP	-0,568	0,002	28
Gesamteiweiß	0,578	0,001	28
Wadenumfang	0,728	0,001	17

Wie im Falle des Gesamteiweiß zeigte sich auch bei der Serumalbumin-Konzentration in gleicher Weise eine signifikant positive Korrelation mit den ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D ($r=0,514$; $p<0,05$), Gesamteiweiß ($r=0,578$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,728$; $p<0,05$). Wiederrum kann dadurch gezeigt werden, dass es sich auch

bei der Serumalbumin-Konzentration um einen guten Parameter für die Beurteilung des Ernährungsstatus handelt.

Die Korrelation der Serumalbumin-Konzentration mit den restlichen ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D ($r=0,438$; $p<0,05$), Gesamteiweiß ($r=0,451$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,606$; $p<0,05$) zeigte sich auch bei den Männern als signifikant. Bei den weiblichen Patientinnen wurde die Signifikanz nur bei den Parametern Gesamteiweiß ($r=0,928$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=0,991$; $p<0,05$) und nicht bei der Vitamin D Konzentration erreicht. Bei den PatientInnen auf der Intensivstation zeigte sich ebenso eine signifikante Korrelation zwischen Vitamin D und Serumalbumin ($r=0,542$; $p<0,05$) und bei den PatientInnen mit einem negativen Ernährungsscreening zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen Serumalbumin und Gesamteiweiß ($r=0,797$; $p<0,05$).

4.12. Flüssigkeitshaushalt

Störungen im Flüssigkeitshaushalt gelten als Risikofaktoren für Morbidität und Mortalität bei schwerkranken PatientInnen. Aus diesem Grund ist es wichtig bei PatientInnen auf der Intensivstation eine Bewertung des Volumens durchzuführen (Basso et al., 2013).

Eine positive Korrelation zwischen Flüssigkeitsüberlastung und einem schlechteren Outcome bei schwerkranken PatientInnen konnte bereits gezeigt werden, außerdem wurde eine Assoziation von Überwässerung und Sepsis beobachtet (Payen et al., 2008). Eine Bewertung des Volumens gilt als fundamentales Element in der klinischen Behandlung von schwerkranken PatientInnen (Basso et al., 2013).

Der Volumenstatus bei PatientInnen auf der Intensivstation wird üblicherweise mit folgenden Methoden bewertet (Mehta, Clark, & Schetz, 2002):

- Erfassung der Flüssigkeitsaufnahme und –abgabe
- Klinische Überwässerungszeichen (Körpergewicht, periphere Ödeme) und hämodynamische Hypovolämie Parameter (Unterdruck, Tachykardie, schlechte Rekapillarierungszeit und ein veränderter Mentalzustand)
- Fülldruck (zentraler Venendruck)
- Radiologische Methoden

Die Genauigkeit der Bestimmung des Körpergewichts und des Flüssigkeitshaushaltes ist stark abhängig vom Personal auf der Intensivstation. Klinische Parameter reagieren meistens schlecht und spät auf Veränderungen des Flüssigkeitshaushaltes. Neuere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Bewertung des Flüssigkeitshaushaltes mittels bioelektrischer Impedanz Analyse beziehungsweise mittels bioelektrischer Vektorimpedanzanalyse. Jedoch kann es bei diesen Methoden zu einer Überschätzung des Flüssigkeitshaushaltes kommen. Der Grund dafür liegt darin, dass es bei schwerkranken PatientInnen häufig zu einer Abnahme des peripheren Widerstandes und einer Flüssigkeitsüberlastung im Interstitium kommt. Dieser Zustand wird als Überwässerung dargestellt, obwohl es sich um einen Zustand relativer Hypovolämie handelt (Basso et al., 2013).

Der Volumenstatus reflektiert die Balance zwischen extrazellulärem und intrazellulärem Volumen. Sowohl der Abbau des Volumens als auch eine Überlastung sind bei schwerkranken PatientInnen mit einer höheren Mortalitätsrate assoziiert (Forni, Hasslacher, & Joannidis, 2015).

Die Korrelationen der BIA-Messgrößen, welche den Flüssigkeitshaushalt beschreiben, werden in Tabelle 24 bis Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 24: Korrelationen des ECW (Prozent und in Liter) mit Parametern der Körperzusammensetzung, anthropometrischen Parametern sowie dem Alter und dem Grundumsatz

ECW Prozent	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,807	0,000	28
Alter	0,487	0,009	28
Grundumsatz	-0,378	0,047	28
WB	0,964	0,000	28
ECM kg	0,377	0,048	28
BCM kg	-0,777	0,000	28
ECM/BCM	0,960	0,000	28
Zellanteil	-0,996	0,000	28
ECW Liter	0,605	0,001	28
BCM Prozent	-0,807	0,000	28

ECW Liter	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,453	0,015	28
Größe	0,382	0,045	28
Gewicht	0,540	0,003	28
BMI	0,378	0,047	28
GU	0,393	0,038	28
ECW Prozent	0,605	0,001	28
TBW Liter	0,655	0,000	28
WB	0,759	0,000	28
ECM kg	0,875	0,000	28
ECM/BCM	0,577	0,001	28
FFM kg	0,514	0,005	28
Zellanteil	-0,614	0,001	28
BCM Prozent	-0,486	0,009	28

Tabelle 25: Korrelationen des TBW (Prozent und Liter) mit Parametern der Körperzusammensetzung, anthropometrischen Parametern sowie dem Grundumsatz und Laborparametern

TBW Liter	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Größe	0,451	0,016	28
Gewicht	0,803	0,000	28
BMI	0,614	0,001	28
Grundumsatz	0,846	0,000	28
WB	0,964	0,000	28
ECM kg	0,702	0,000	28
BCM kg	0,751	0,000	28
FFM kg	0,960	0,000	28
ECW Liter	0,655	0,000	28
TBW Prozent	Korrelation nach	Signifikanz	n

	Pearson		
Gewicht	-0,541	0,003	28
BMI	-0,625	0,000	28
Vitamin D	-0,525	0,005	27
Gesamteiweiß	-0,545	0,003	28
FM kg	-0,869	0,000	28
FM Prozent	-0,926	0,000	28
FFM Prozent	0,926	0,000	28
BCM Prozent	0,545	0,003	28

Tabelle 26: Korrelationen der WB mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter

WB	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,771	0,000	28
Alter	0,472	0,011	28
ECW %	0,964	0,000	28
ECM kg	0,547	0,003	28
BCM kg	-0,620	0,000	28
ECM/BCM	0,909	0,000	28
Zellanteil	-0,959	0,000	28
ECW Liter	0,759	0,000	28
BCM Prozent	-0,752	0,000	28

Der Flüssigkeitshaushalt gemessen an den Parametern ECW in Liter und Prozent, TBW in Liter und Prozent und WB korrelierte signifikant mit dem Alter, den anthropometrischen Daten sowie mit den Parametern der Körperzusammensetzung.

Ein höheres Alter wurde mit einem höheren Anteil des ECW in Prozent ($r=0,487$; $p<0,05$) assoziiert.

Die anthropometrischen Daten Größe, Gewicht und BMI korrelierten signifikant positiv mit der ECW Menge in Liter und der TBW Menge in Liter. An dieser Stelle muss wie-

derrum angemerkt werden, dass scheinbare Korrelationen durch die Einbeziehung von Körpergewicht und Körpergröße in die Regressionsgleichungen der BIA zustande kommen können.

Diese Tatsache muss auch bei der widersprüchlichen Korrelation mit dem Grundumsatz bedacht werden. Dieser korrelierte signifikant negativ mit der ECW Menge in Prozent und signifikant positiv mit der ECW Menge in Liter und der TBW Menge in Liter.

Es zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem ECW in Liter und Prozent und den BIA-Parametern Phasenwinkel, BCM in kg und Prozent und dem Zellanteil. Erhöhte Werte dieser Parameter waren mit niedrigeren Werten des ECW in Liter und Prozent assoziiert. Diese Veränderungen lassen sich wiederum durch die Schwere der Krankheit erklären. Der Krankheitsstatus kann eine Abnahme der Parameter Phasenwinkel, BCM und Zellanteil und als Kompensation eine Zunahme des ECW verursachen (Malbrain et al., 2014).

Eine signifikant positive Korrelation zeigte sich zwischen dem ECW Menge in Liter und Prozent und der Wasserbalance, der TBW Menge in Prozent, der ECM in kg, dem ECM/BCM Index und der FFM in kg. Diese positive Korrelation wurde auch bei der der TBW Menge in Liter berechnet, jedoch zeigte sich, dass die BCM in kg signifikant positiv mit der TBW Menge in Liter korrelierte und nicht negativ wie bei der ECW Menge.

Der ECM/BCM Index nimmt bei Wassereinlagerungen zu. Des Weiteren besteht die Magermasse hauptsächlich aus Wasser, wodurch ein hoher Anteil der Magermasse mit einem hohen Wassergehalt des Körpers einhergeht (Müller, 2011).

Die Wasserbalance korrelierte signifikant negativ mit dem Phasenwinkel, dem Zellanteil und der BCM Menge in kg und Prozent. Eine positive Korrelation zeigte sich mit dem Alter, der ECW Menge in Prozent und Liter, der ECM in kg sowie dem ECM/BCM Index.

Die TBW Menge in Prozent zeigte als einziger für den Flüssigkeitshaushalt spezifischen BIA-Parameter eine signifikant negative Korrelation mit den ernährungsspezifischen Laborparametern Vitamin D ($r=-0,525$; $p<0,05$) und Gesamteiweiß ($r=-0,545$; $p<0,05$). Höhere Konzentrationen von Gesamteiweiß und Vitamin D, also ein besserer Ernährungsstatus, waren mit einer geringeren TBW Menge in Prozent assoziiert. Dieser Zu-

sammenhang zeigte sich auch mit der TBW Menge in Liter, jedoch wurde hier keine Signifikanz erreicht.

Ein besserer Ernährungsstatus geht häufig mit einem besseren Krankheitsstatus einher. Durch einen schlechteren Krankheitsstatus kann es zu einer Vermehrung der TBW Menge kommen (Malbrain et al., 2014).

Des Weiteren zeigte sich eine signifikant negative Korrelation zwischen der TBW Menge in Prozent und dem Gewicht, dem BMI sowie der FM in kg in Prozent. Wiederum wurden höhere Werte dieser Parameter mit einer geringeren Menge des TBW in Liter assoziiert. Außerdem zeigte sich ein signifikant positiver Zusammenhang mit der FFM in Prozent sowie der BCM in Prozent.

Je höher der Phasenwinkel, desto höher ist der Anteil von ICW verglichen mit ECW. Ein hoher Phasenwinkel ist also vereinbar mit einer hohen Reaktanz und einem hohen Anteil von Zellmembran und Körperzellmasse bei gesunden Individuen, wohingegen kritisch kranke PatientInnen einen geringeren Phasenwinkel aufweisen (Malbrain et al., 2014). Dadurch wird die negative Korrelation des Phasenwinkels mit der ECW Menge in Prozent und Liter erklärt.

Kritisch kranke PatientInnen und vor allem solche mit Sepsis zeigen Veränderung der Verteilung des Körperwassers im Sinne einer „Wanderung“ des Wassers vom intravasculären zum extravasculären Raum. Bei IntensivpatientInnen mit Sepsis zeigte sich, verglichen mit Patienten mit schwerer Sepsis, das ECW und FFM bei den Patienten mit schwerer Sepsis erhöht waren. Veränderungen in der Gewebephysiologie und der Zellintegrität während einer Sepsis können Veränderungen der elektrischen Eigenschaften auslösen. Jedoch zeigte sich, dass die rohen BIA Daten, wie der Phasenwinkel, nicht dadurch beeinflusst werden. PatientInnen mit Sepsis zeigten zum Beispiel eine signifikant höhere Impedanz.

Ein retrospektiver Vergleich von kritisch kranken PatientInnen mit einer gesunden Vergleichsgruppe zeigte bei den PatientInnen höhere TBW Werte, niedrigere ICW Werte, niedrigere Wasserbalancewerte und niedrigere Phasenwinkelwerte (Malbrain et al., 2014).

BIA Parameter wie TBW müssen mit Hilfe von anderen Methoden validiert werden, wie zum Beispiel der Densitometrie. TBW in Torso und Extremitäten muss verändert

werden und an den Krankheitsstatus angepasst werden, um einen prädiktiven Wert zu erhalten. Der Goldstandard für die Bestimmung von Körperzusammensetzung und TBW sind isotope Lösungen, gefolgt von DEXA und Unterwasserwiegen.

Außerdem können andere Faktoren mit der BIA-Messung interferieren, deren Mechanismus noch nicht genau bekannt sind, wie zum Beispiel die Infusion großer Mengen Flüssigkeit, periphere Ödeme oder Überwässerung (oft bei kritisch kranken PatientInnen beobachtet). Bei PatientInnen mit einer traumatischen Hirnverletzung kommt es überdies aus therapeutischen Gründen oft zur Erhöhung des Oberkörpers, was Veränderungen in der Verteilung des Körperwassers zur Folge haben kann.

Die Empfehlungen für die Beobachtung des Flüssigkeitshaushaltes werden noch diskutiert und debattiert. Messungen müssen genau und reproduzierbar sein. Die bioelektrische Impedanz Analyse kann als vielversprechendes Tool gesehen werden, wenn sie korrekt durchgeführt wird. Sie erlaubt die Beurteilung von verschiedenen Parametern, welche in Verbindung mit dem Flüssigkeitshaushalt stehen, wie TBW, ECW, ICW, ECW/ICW und WB. Es sind mehr Untersuchungen bei kritisch kranken PatientInnen notwendig, bevor ein umfassender Gebrauch der BIA empfohlen werden kann (Malbrain et al., 2014).

4.13. ECM, BCM und ECM/BCM Index

Die berechneten Korrelationen für die Menge der ECM in kg sowie der BCM in kg und Prozent verhielten sich ähnlich und werden in Tabelle 27 bis Tabelle 29 dargestellt.

Tabelle 27: Korrelationen der ECM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Größe	0,493	0,008	28
Gewicht	0,586	0,001	28
BMI	0,377	0,048	28
Grundumsatz	0,507	0,006	28
ECW Prozent	0,377	0,048	28
TBW Liter	0,751	0,000	28

WB	-0,620	0,000	28
FFM kg	0,645	0,000	28
Zellanteil	-0,397	0,036	28
ECW Liter	0,875	0,000	28

Tabelle 28: Korrelationen der BCM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	0,696	0,000	28
Gewicht	0,604	0,001	28
BMI	0,467	0,012	28
GU	0,787	0,000	28
ECW Prozent	-0,777	0,000	28
TBW Liter	0,751	0,000	28
WB	-0,620	0,000	28
ECM/BCM	-0,738	0,000	28
FFM kg	0,848	0,000	28
Zellanteil	0,769	0,000	28
BCM %	0,654	0,000	28

Tabelle 29: Korrelationen der BCM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	0,593	0,001	28
Alter	-0,500	0,007	28
ECW Prozent	-0,807	0,000	28
WB	-0,752	0,000	28
BCM	0,654	0,000	28
ECM/BCM	-0,811	0,000	28
FM kg	-0,652	0,000	28

Zellanteil	0,834	0,000	28
FM Prozent	-0,733	0,000	28
ECW Liter	-0,486	0,009	28
FFM Prozent	0,733	0,000	28
TBW Prozent	0,545	0,003	28

Höhere Werte der anthropometrischen Messgrößen Gewicht, Größe und BMI sowie des Grundumsatzes wurden mit höheren Werten der ECM und BCM assoziiert. Das Alter zeigte sich als negative Einflussgröße und wurde mit einer Abnahme assoziiert, was durch die Veränderungen der Körperzusammensetzung im Alter erklärt werden kann. Es wurde eine signifikant positive Korrelation mit dem Phasenwinkel berechnet, da dieser als Berechnungsgrundlage für die Parameter ECM und BCM dient.

Des Weiteren zeigte sich eine Korrelation mit dem Flüssigkeitshaushalt gemessen an den Parametern WB, ECW und TBW. Eine positive Korrelation der ECM in kg mit der ECW in Liter ($r=0,875$; $p<0,05$) und Prozent ($r=0,377$; $p<0,05$) und des TBW ($r=0,751$; $p<0,05$) sowie eine negative Korrelation mit der WB ($r=-0,620$; $p<0,05$) wurde berechnet. Die BCM Menge in kg und Prozent korrelierte signifikant positiv mit der TBW Menge in Liter ($r=0,751$; $p<0,05$) und in Prozent ($r=0,545$; $p<0,05$) und signifikant negativ mit der ECW Menge ($r=-0,777$; $p<0,05$ bzw. $r=-0,486$; $p<0,05$) und der WB ($r=-0,620$; $p<0,05$ bzw. $r=-0,752$; $p<0,05$). Diese Korrelationen kommen dadurch zu Stande, dass es sich hierbei nur um BIA-Parameter handelt, welche über dieselben Parameter berechnet werden.

Darüber hinaus zeigte sich eine positive Korrelation der ECM und BCM Menge mit der fettfreien Masse und eine negative Korrelation mit der Fettmasse. Der Zellanteil korrelierte signifikant positiv mit der BCM Menge in kg und Prozent ($r=0,769$; $p<0,05$ bzw. $r=0,834$; $p<0,05$) und signifikant negativ mit der ECM Menge ($r=-0,397$; $p<0,05$). Diese Assoziation lässt sich dadurch erklären, dass der Zellanteil den prozentualen Anteil der Körperzellmasse an der Magermasse angibt. Außerdem korrelierten die BCM Menge in kg und Prozent signifikant positiv miteinander, da der prozentuale Anteil über die Menge in kg berechnet wird. Der ECM/BCM Index korrelierte überdies signifikant negativ mit der BCM Menge in kg ($r=-0,738$; $p<0,05$) und Prozent ($r=-0,811$; $p<0,05$). Dies liegt daran, dass ein niedriger Index mit einer größeren BCM Menge einhergeht.

Tabelle 30: Korrelationen des ECM/BCM Index mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,736	0,000	28
Alter	0,517	0,005	28
ECW Prozent	0,960	0,000	28
WB	0,909	0,000	28
BCM kg	-0,738	0,000	28
Zellanteil	-0,967	0,000	28
ECW Liter	0,577	0,001	28
BCM Prozent	-0,811	0,000	28

Der ECM/BCM Index korrelierte signifikant positiv mit dem Alter ($r=0,517$; $p<0,05$). Darüber hinaus zeigte sich eine signifikant negative Korrelation des Index mit den BIA-Messgrößen Phasenwinkel ($r=-0,736$; $p<0,05$), BCM in kg ($r=-0,738$; $p<0,05$) und Prozent ($r=-0,811$; $p<0,05$) sowie dem Zellanteil ($r=-0,967$; $p<0,05$). Der Flüssigkeitshaushalt gemessen an den Parametern WB ($r=0,909$; $p<0,05$) und ECW in Liter ($r=0,577$; $p<0,05$) und Prozent ($r=0,960$; $p<0,05$) wies eine signifikant positive Korrelation mit dem ECM/BCM Index auf. Dieser Zusammenhang lässt sich dadurch erklären, dass eine Abnahme der BCM mit einer Vermehrung des Extrazellulärtraumes und damit verbunden mit einem größeren Index einhergeht.

4.14. FFM und FM

Die Korrelationen der fettfreien Masse sowie der Fettmasse in kg und Prozent werden in Tabelle 31 bis Tabelle 34 dargestellt. Es zeigten sich wiederum scheinbare Korrelationen mit den anthropometrischen Parametern, da diese in die Regressionsgleichungen zur Berechnung der BIA-Messgrößen einfließen. Die Korrelationen folgen aber dennoch einem logischen Prinzip, da eine Gewichtszunahme mit einer Zunahme der Fettmasse und eine Gewichtsabnahme mit einer Verminderung der fettfreien Masse verbun-

den werden. Auf die Korrelationen mit den anderen BIA-Messgrößen wurde in den vorigen Kapiteln (Kapitel 4.4, 4.12 und 4.13) schon eingegangen.

Nur wenige der BIA-Messgrößen wiesen signifikante Korrelationen mit den Laborparametern auf. Die FFM in Prozent korrelierte signifikant negativ mit den Konzentrationen von Vitamin D ($r=-0,503$; $p<0,05$) und Gesamteiweiß ($r=-0,448$; $p<0,05$) im Plasma. Eine geringere fettfreie Masse in Prozent wurde mit höheren Plasmakonzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß verbunden.

Im Gegensatz dazu wurde eine signifikant positive Korrelation der Fettmasse in kg und Prozent mit den Plasmakonzentrationen von Vitamin D ($r=0,448$; $p<0,05$ bzw. $r=0,503$; $p<0,05$) und Gesamteiweiß ($r=0,381$; $p<0,05$ bzw. $r=0,381$; $p<0,05$) berechnet.

Tabelle 31: Korrelationen der FFM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Grundumsatz

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Größe	0,520	0,005	28
Gewicht	0,806	0,000	28
BMI	0,588	0,001	28
Grundumsatz	0,873	0,000	28
TBW Liter	0,960	0,000	28
ECM kg	0,645	0,000	28
BCM kg	0,848	0,000	28
ECW Liter	0,514	0,005	28

Tabelle 32: Korrelationen der FFM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Gewicht	-0,496	0,007	28
BMI	-0,635	0,000	28
Vitamin D	-0,503	0,008	27

Gesamteiweiß	-0,448	0,017	28
FM kg	-0,936	0,000	28
FM Prozent	-1,000	0,000	28
BCM Prozent	0,733	0,000	28
TBW Prozent	0,926	0,000	28

Tabelle 33: Korrelationen der FM in kg mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung, dem Grundumsatz sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Gewicht	0,739	0,000	28
BMI	0,818	0,000	28
Vitamin D	0,448	0,019	27
Gesamteiweiß	0,381	0,046	28
Grundumsatz	0,411	0,030	28
FM Prozent	0,936	0,000	28
FFM Prozent	-0,936	0,000	28
BCM Prozent	-0,652	0,000	28
TBW Prozent	-0,869	0,000	28

Tabelle 34: Korrelationen der FM in Prozent mit anthropometrischen Parametern, Parametern der Körperzusammensetzung sowie der Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Gewicht	0,496	0,007	28
BMI	0,635	0,000	28
Vitamin D	0,503	0,008	27
Gesamteiweiß	0,381	0,046	28
FM kg	0,936	0,000	28
FFM Prozent	-1,000	0,000	28

BCM Prozent	-0,733	0,000	28
TBW Prozent	-0,926	0,000	28

4.15. Zellanteil

Die Korrelationen des Zellanteils sind in Tabelle 35 dargestellt. Der Zellanteil korrelierte signifikant positiv mit den BIA-Messgrößen Phasenwinkel ($r=0,799$; $p<0,05$) sowie der BCM Menge in kg ($r=0,769$; $p<0,05$) und Prozent ($r=0,834$; $p<0,05$). Dieser Zusammenhang lässt sich dadurch erklären, dass der Zellanteil den Anteil der Körperzellmasse an der Magermasse in Prozent angibt und als Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes und der Qualität der Magermasse verwendet wird (Müller, 2011).

Das Alter wies eine signifikant negative Korrelation mit dem Zellanteil ($r=-0,526$; $p<0,05$) auf. In weiterer Folge wurde eine signifikant negative Korrelation des Zellanteils mit den für den Flüssigkeitshaushalt spezifischen Parametern ECW in Liter ($r=-0,614$; $p<0,05$) und Prozent ($r=-0,996$; $p<0,05$) sowie WB ($r=-0,959$; $p<0,05$) berechnet. Außerdem zeigte sich eine signifikant negative Korrelation mit der ECM Menge in kg ($r=-0,397$; $p<0,05$) sowie dem ECM/BCM Index ($r=-0,967$; $p<0,05$). Diese Assoziation kann dadurch begründet werden, dass ein geringer Zellanteil Zeichen einer Mangelernährung oder einer extrazellulären Überwässerung sein kann (Data Input GmbH, 2005).

Tabelle 35: Korrelationen des Zellanteils mit Parametern der Körperzusammensetzung sowie dem Alter

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Phasenwinkel	0,799	0,000	28
Alter	-0,526	0,004	28
ECW Prozent	-0,996	0,000	28
WB	-0,959	0,000	28
ECM kg	-0,397	0,036	28
BCM kg	0,769	0,000	28
ECM/BCM	-0,967	0,000	28
ECW Liter	-0,614	0,001	28
BCM Prozent	0,834	0,000	28

4.16. Wadenumfang

Wie in Kapitel 2.2.3.4 beschrieben kann ein Wadenumfang unter 31 cm ein Mangelernährungsrisiko aufzeigen. An Hand dieser Empfehlung wurde das Studienkollektiv in zwei Gruppen eingeteilt und die deskriptiven Kennwerte dieser Gruppen werden in der folgenden Tabelle (Tabelle 36) dargestellt. Das Alter unterschied sich signifikant zwischen den beiden Gruppen ($p < 0,05$).

Tabelle 36: Beschreibung des Studienkollektivs an Hand des Wadenumfangs

	Wadenumfang < 31 cm	Wadenumfang ≥ 31 cm
Anzahl PatientInnen	2	15
Geschlechterverteilung	1 männlich/1 weiblich	12 männlich/3 weiblich
Alter (Jahre)	23,0 ± 4,2 (20-26) $p=0,024$	55,9 ± 17,9 (27-80) $p=0,024$
Aufenthaltsdauer (Tage)	47,0 ± 26,9 (28-66)	29,3 ± 13,5 (14-61)
BMI (kg/m ²)	22,2 ± 6,9 (17,3-27,0)	25,4 ± 3,5 (18,9-30,8)
Mangelernährung	1 Ja/0 Nein (1 fehlend)	3 Ja/7 Nein (5 fehlend)

Der Wadenumfang zeigte sich als prädiktiver Parameter für den Ernährungszustand, da er mit den anderen ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D ($r=0,582$; $p < 0,05$), Gesamteiweiß ($r=0,713$; $p < 0,05$) und Serumalbumin ($r=0,728$; $p < 0,05$) signifikant positiv korrelierte. Außerdem wies der Wadenumfang eine signifikant positive Korrelation mit dem Gewicht auf ($r=0,506$; $p < 0,05$). Eine geringe Aufenthaltsdauer wurde mit einem höheren Wadenumfang, also einem besseren Ernährungsstatus assoziiert. Überdies wurde eine signifikant positive Korrelation mit der Konzentration an Malondialdehyd im Plasma ($r=0,674$; $p < 0,05$) und mit dem GCS Wert ($r=0,674$; $p < 0,05$) berechnet. Ein höherer GCS Wert, also ein leichteres Schädelhirntrauma, würde laut diesem Ergebnis mit einem höheren Wadenumfang, also einem besseren Ernährungszustand, in Verbindung gebracht werden. Daraus lässt sich schließen, dass der Schweregrad des Schädelhirntraumas vom Ernährungsstatus abhängig ist. Die Korrelationen des Wadenumfangs werden in der nachfolgenden Tabelle, Tabelle 37, veranschaulicht.

Tabelle 37: Korrelationen des Wadenumfangs mit weiteren Analyseparametern der vorliegenden Studie

	Korrelation nach Pearson	Signifikanz	n
Aufenthaltsdauer	-0,619	0,008	17
GCS	0,674	0,003	16
Gewicht	0,506	0,038	17
Vitamin D	0,582	0,018	16
Malondialdehyd	0,674	0,004	16
Gesamteiweiß	0,713	0,001	17
Serumalbumin	0,728	0,001	17

4.17. Diagnostik der Mangelernährung mittels Ernährungs-screening

Die Diagnostik der Mangelernährung erfolgte mittels drei verschiedener Ernährungs-screenings. Die erreichten Punkte wurden addiert und Korrelationen der Ergebnisse mit den anderen Parametern berechnet. Je mehr Punkte in den Screenings erreicht werden, desto höher ist das Mangelernährungsrisiko. Die Ergebnisse werden in Tabelle 38 dargestellt.

Tabelle 38: Korrelationen der Ergebnisse der Ernährungsscreenings mit weiteren gemessenen Parametern

	Spearman-Rho Korrelationskoeffizient	Signifikanz	n
Phasenwinkel	-0,568	0,043	13
Serumalbumin	-0,696	0,008	13
Grundumsatz	-0,559	0,047	13
FFM kg	-0,596	0,032	13
Wadenumfang	-0,637	0,035	11

Es zeigte sich eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Ergebnis des Ernährungsscreenings und dem Phasenwinkel ($r=-0,568$; $p<0,05$), der Serumalbuminkonzentration ($r=-0,696$; $p<0,05$), dem Grundumsatz ($r=-0,559$; $p<0,05$), der fettfreien Masse in kg ($r=-0,596$; $p<0,05$) und dem Wadenumfang ($r=-0,637$; $p<0,05$).

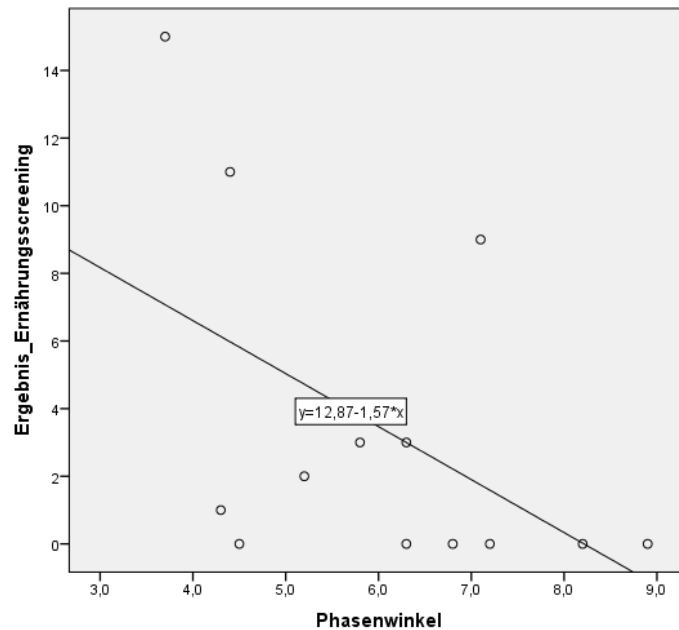


Abbildung 13: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Phasenwinkel ($r=-0,568$; $p<0,05$)

Ein höheres Punkteergebnis bei den Ernährungsscreenings, ging mit einem geringeren Phasenwinkel einher, der wiederum mit einem schlechteren Ernährungsstatus und einem höheren Risiko für die Entwicklung einer Mangelernährung verbunden wird. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 13 dargestellt.

Außerdem zeigte sich eine signifikant negative Korrelation des Ergebnisses der Ernährungsscreenings, also dem Mangelernährungsrisiko, mit den ernährungsspezifischen Parametern Serumalbumin und Wadenumfang.

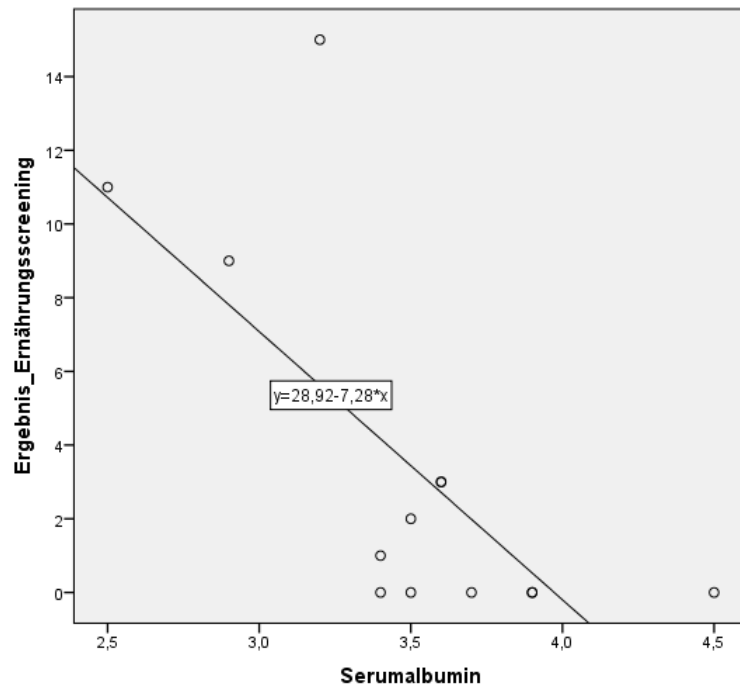
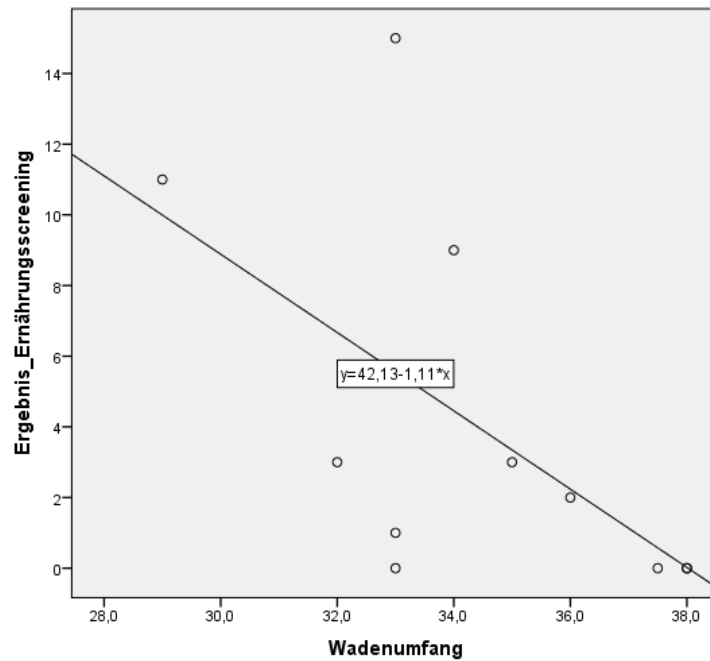


Abbildung 14: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Serumalbumin ($r=-0,696$; $p<0,05$)

Eine geringe Serumalbumin-Konzentration im Plasma, welche als Anzeichen für eine Mangelernährung gilt, wurde, wie in Abbildung 14 veranschaulicht, mit einem höheren Ergebnis im Ernährungsscreening, also einem größerem Mangelernährungsrisiko, assoziiert.



**Abbildung 15: Zusammenhang Ergebnis Ernährungsscreening und Wadenumfang
($r=-0,637$; $p<0,05$)**

Ein Wadenumfang unter 31 cm gilt als Diagnosekriterium für eine Mangelernährung. Es zeigte sich eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Ergebnisse des Ernährungsscreenings und dem Wadenumfang. Ein höheres Ergebnis wurde mit einem geringeren Wadenumfang assoziiert. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 15 demonstriert.

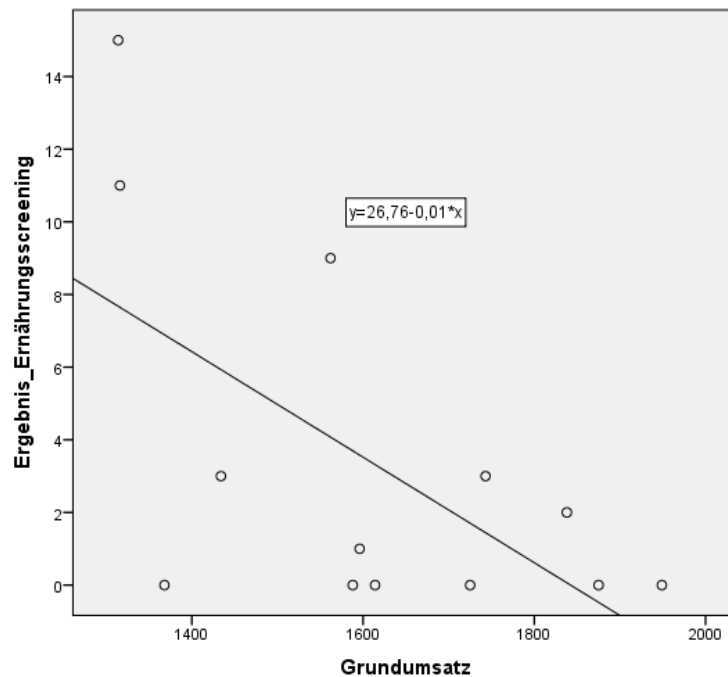


Abbildung 16: Zusammenhang Ergebnis Ernährungs Screening und Grundumsatz
($r = -0,559$; $p < 0,05$)

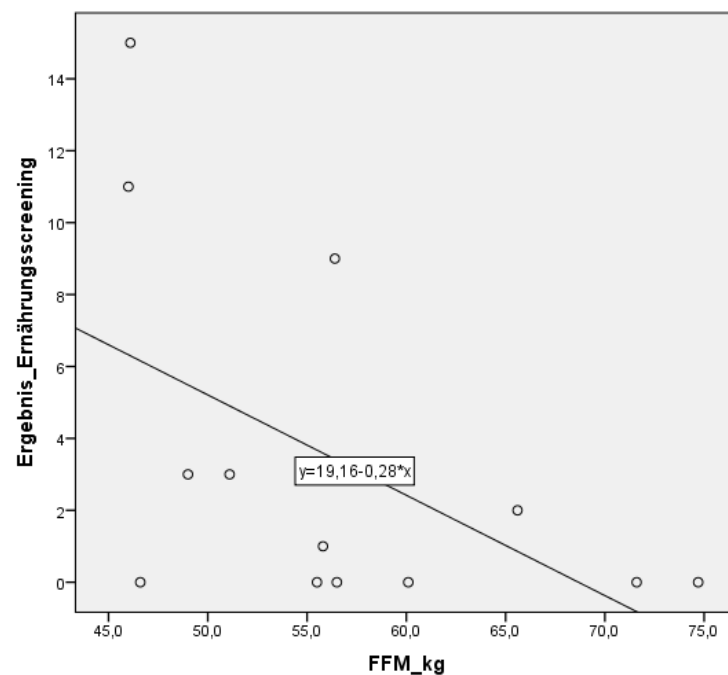


Abbildung 17: Zusammenhang Ergebnis Ernährungs Screening und FFM in kg
($r = -0,596$; $p < 0,05$)

In den Abbildungen 16 und 17 sind die Korrelationen des Ergebnisses des Ernährungs Screenings mit den von der BIA berechneten Parametern Grundumsatz und fettfreie Masse in kg dargestellt. Ein höheres Punkteergebnis wurde mit einer Abnahme der bei-

den Parameter assoziiert. Ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern wurde schon in Kapitel 4.6 gezeigt. Eine größere Menge der fettfreien stoffwechselaktiven Masse wurde mit einem höheren Grundumsatz assoziiert. In dieser Weise lässt sich auch die beobachtete Korrelation mit dem Ergebnis des Ernährungsscreenings erklären, wonach eine geringere fettfreie Masse mit einem schlechteren Ernährungsstatus assoziiert wird.

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang des Ergebnisses der Ernährungsscreenings mit den ernährungsspezifischen Parametern Wadenumfang und Serumalbuminkonzentration sowie den ernährungsspezifischen BIA-Messgrößen Phasenwinkel, FFM in kg und Grundumsatz gezeigt werden. Dieser Zusammenhang war trotz der geringen Probandenzahl von 13 PatientInnen, mit denen das Ernährungsscreening durchgeführt werden konnte, signifikant. Daraus lässt sich schließen, dass die verwendeten Ernährungsscreenings gut für die Beurteilung des Ernährungszustandes und die Diagnose einer Mangelernährung geeignet sind.

4.18. Ernährungsscore

Für eine genauere Untersuchung der Forschungsfrage wurde ein Score erstellt, der die Beurteilung des Ernährungszustandes ermöglichen soll. Dieser Score wurde aus den Parametern Vitamin D, Wadenumfang, Serumalbumin, Gesamteiweiß, CRP und Phasenwinkel berechnet. Es wurden Grenzwerte für diese Parameter festgelegt und Punkte vergeben, wenn diese Grenzwerte unter- beziehungsweise überschritten wurden. Ein hoher Punktescore wird demzufolge mit einem schlechteren Ernährungsstatus assoziiert. Die Ergebnisse der Korrelationen des Scores mit den anderen erhobenen Messgrößen werden in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Korrelationen des Ernährungsscores mit anderen erhobenen Messgrößen

	Spearman-Rho Korrelationskoeffizient	Signifikanz	n
Aufenthaltsdauer	0,432	0,022	28
GCS	-0,594	0,001	27
Phasenwinkel	-0,394	0,038	28

Vitamin D	-0,610	0,001	27
CRP	0,693	0,000	28
Gesamteiweiß	-0,817	0,000	28
Serumalbumin	-0,725	0,000	28
WB	0,404	0,033	28
FM Prozent	-0,422	0,025	28
Wadenumfang	-0,658	0,004	17
FFM Prozent	0,422	0,025	28
TBW Prozent	0,473	0,011	28

Es zeigte sich eine signifikant positive beziehungsweise negative Korrelation des Scores mit den Parametern, aus denen er berechnet wurde. Je nachdem ob ein niedriger Wert der Parameter mit einem schlechteren Ernährungszustand wie im Falle von Phasenwinkel ($r=-0,394$; $p<0,05$), Vitamin D ($r=-0,610$; $p<0,05$), Gesamteiweiß ($r=-0,817$; $p<0,05$), Serumalbumin ($r=-0,725$; $p<0,05$) und Wadenumfang ($r=-0,658$; $p<0,05$) oder ob ein höherer Wert wie im Falle des CRP ($r=0,693$; $p<0,05$) mit einem schlechteren Ernährungszustand assoziiert wurde.

Darüber hinaus zeigte sich eine signifikant positive Korrelation der Ernährungsscores mit der Aufenthaltsdauer ($r=0,432$; $p<0,05$).

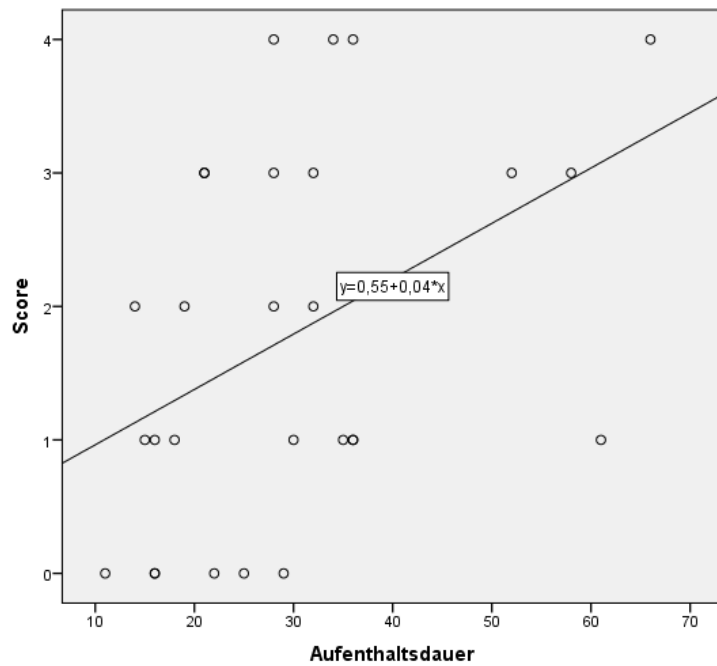


Abbildung 18: Zusammenhang Score und Aufenthaltsdauer
($r=0,432$; $p<0,05$)

Wie in Abbildung 18 dargestellt, wurde ein höherer Score, also ein schlechterer Ernährungsstatus, mit einer längeren Aufenthaltsdauer assoziiert. Dies spricht wiederum dafür, dass der Ernährungsstatus einen Einfluss auf die Länge der Aufenthaltsdauer hat. Jedoch zeigte sich auch eine signifikant negative Korrelation mit dem GCS Wert ($r=-0,594$; $p<0,05$). Daraus lässt sich schließen, dass PatientInnen mit einem höheren Schweregrad des Schädelhirntraumas auch einen schlechteren Ernährungszustand aufweisen.

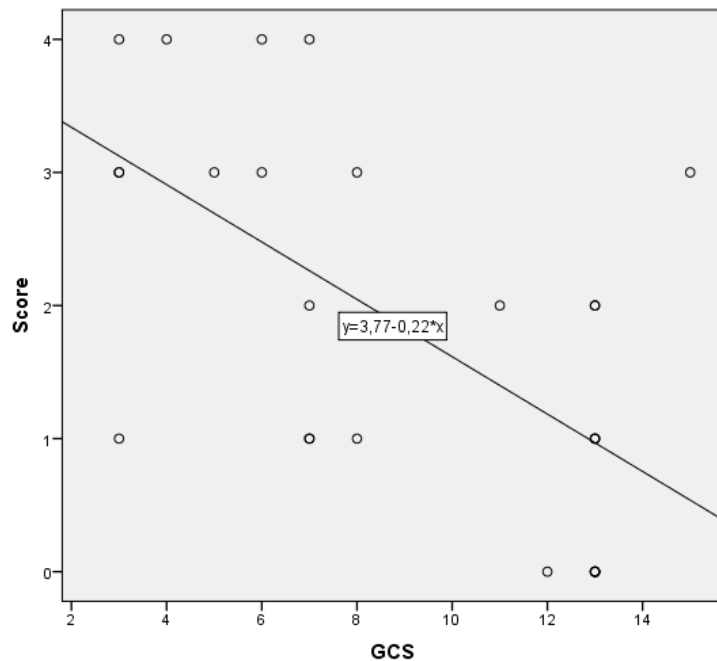


Abbildung 19: Zusammenhang Score und GCS
($r=-0,594$; $p<0,05$)

Ein höherer Score wurde, wie in Abbildung 19 dargestellt, mit einem niedrigeren GCS Wert assoziiert, also mit einem höheren Schweregrad des Schädelhirntraumas. Hierbei stellt sich nun wiederum die Frage nach der Ursache. Ist der schlechtere Ernährungsstatus ursächlich für ein schwereres Schädelhirntrauma, oder das Schädelhirntrauma für den schlechteren Ernährungsstatus? Diese Frage lässt sich auch durch diese Untersuchung nicht beantworten. Es zeigt sich sowohl ein Zusammenhang zwischen der Aufenthaltsdauer und dem Schweregrad des Schädelhirntraumas sowie dem Ernährungsstatus. Außerdem zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Ernährungsstatus und dem Schweregrad des Schädelhirntraumas.

Des Weiteren wurde eine signifikant positive Korrelation mit den BIA-Messgrößen WB ($r=0,404$; $p<0,05$), FFM in Prozent ($r=0,422$; $p<0,05$) und TBW in Prozent ($r=0,473$; $p<0,05$) sowie eine signifikant negative Korrelation mit der FM in Prozent ($r=-0,422$; $p<0,05$) berechnet. Ein höherer Score wurde mit einer größeren Wasserbalance und einem größeren TBW Anteil in Prozent assoziiert. Die Wasserbalance und der TBW Anteil werden durch den Krankheitsstatus beeinflusst, wobei ein höherer Wert mit einem schlechteren Krankheitsstatus verbunden wird. In ähnlicher Weise wird ein höherer Score mit einem schlechteren Ernährungsstatus verbunden. Es zeigt sich also ein Zusammenhang zwischen dem Ernährungsstatus und dem Krankheitsstatus.

Außerdem wurde eine signifikant positive Korrelation mit dem Anteil der FFM in Prozent berechnet, wonach ein höherer Anteil mit einem höheren Score Ergebnis assoziiert wurde. Diesem Ergebnis folgend wurde ein höherer Anteil der FM in Prozent mit einem niedrigerem Score verbunden. Diese Ergebnisse stellen sich als widersprüchlich dar, weil man ein genau umgekehrtes Ergebnis erwarten würde, nämlich in der Form, dass ein schlechterer Ernährungsstatus durch eine geringere fettfreie Masse und eine höhere Fettmasse gekennzeichnet ist.

5. Schlussbetrachtung

Aufgrund der geringen Probandenzahl von 28 PatientInnen ist diese Arbeit eine Pilotstudie. Vor allem die Geschlechterverteilung mit dem geringen Frauenanteil von 6 Patientinnen muss hierbei kritisch betrachtet werden. Dennoch dauerte es ein Jahr um diese Fallzahl zu erreichen.

Trotzdem konnten mit Hilfe dieser Studie Daten von metabolischen und nutritiven Patientenzuständen von Schädelhirntrauma-PatientInnen kurz nach der Krankenhausaufnahme dargestellt werden. Die Ergebnisse der Studie decken sich zum Teil mit den Ergebnissen von anderen Studien (Kyle et al., 2013) und liefern somit die Grundlage für weitere ausgedehntere Untersuchungen.

Die Hauptforschungsfrage dieser Arbeit lautete, ob die Aufenthaltsdauer bei Schädelhirntrauma-PatientInnen vom Schweregrad des Schädelhirntraumas oder vom Ernährungsstatus bei der Aufnahme abhängig ist. Es wurde eine signifikant negative Korrelation der Aufenthaltsdauer mit dem GCS Wert, welcher den Schweregrad des Schädelhirntraumas angibt, und den ernährungsspezifischen Parametern Gesamteiweiß und Wadenumfang berechnet. Daraus lässt sich schließen, dass sowohl ein schlechterer Ernährungszustand als auch ein höherer Schweregrad des Schädelhirntraumas mit einer längeren Aufenthaltsdauer assoziiert sind.

Der Schweregrad des Schädelhirntraumas korrelierte jedoch nicht signifikant mit dem Phasenwinkel, dem Katabolie Marker der BIA. Es zeigte sich aber eine signifikante Korrelation mit den Laborparametern CRP, Vitamin D, Gesamteiweiß und Serumalbumin sowie mit dem Wadenumfang. Ein höherer Schweregrad des Schädelhirntraumas wurde mit einem schlechteren Ernährungsstatus und erhöhten Entzündungsmarkern in Verbindung gebracht. Die Frage, ob ein schweres Schädelhirntrauma mit einem schlechteren Ernährungszustand assoziiert ist, kann also mit Ja beantwortet werden.

An dieser Stelle muss betont werden, dass die Datenerhebung nicht direkt zum Aufnahmezeitpunkt erfolgte sondern zum Teil erst ein paar Tage später, da die Messungen nur dienstags und donnerstags durchgeführt wurden. Das Trauma könnte also in dieser Zeit schon zu metabolischen Veränderungen im Organismus und einer damit einhergehenden Verschlechterung des Ernährungszustandes geführt haben.

Des Weiteren wurde die Korrelation der ernährungsspezifischen Parameter für die Diagnostik des Ernährungsstatus mit den BIA-Parametern untersucht. Es zeigte sich ein

signifikanter Zusammenhang zwischen den Konzentrationen der ernährungsspezifischen Parameter Vitamin D und Gesamteiweiß im Plasma und der Menge der Fettmasse in kg und Prozent, sowie der Menge der fettfreien Masse in Prozent und der Menge des Gesamtkörperwassers in Prozent. Daraus lässt sich schließen, dass ein höherer Fettanteil mit einem besseren Ernährungszustand und somit höheren Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß im Plasma assoziiert ist. Durch den Krankheitsstatus, in diesem Fall das Trauma, kann es zu Veränderungen der Körperzusammensetzung und des Flüssigkeitshaushaltes kommen. Die Assoziation der geringen Konzentrationen von Vitamin D und Gesamteiweiß mit einem erhöhtem TBW Anteil in Prozent spiegelt diese Veränderungen wieder.

Außerdem wurde die Korrelation des Ergebnisses der Ernährungsscreenings in Punkten mit den BIA Parametern untersucht. Es zeigte sich eine signifikant negative Korrelation des Ergebnisses mit dem Phasenwinkel und der Menge der fettfreien Masse in kg. Ein höheres Punkteergebnis, welches auf ein Risiko für Malnutrition hinweist, ging mit einem geringeren Phasenwinkel und einer geringeren Menge der fettfreien Masse einher, welche mit einem schlechteren Ernährungszustand assoziiert sind.

Überdies wurde ein Ernährungsscore aus den ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D, Gesamteiweiß, Serumalbumin und Wadenumfang sowie dem Entzündungsparameter CRP und dem ernährungsspezifischen BIA-Parameter Phasenwinkel gebildet. Ein höherer Score ging mit einer längeren Aufenthaltsdauer und einem schwereren Schädelhirntrauma einher. Des Weiteren wurde eine signifikant positive Korrelation mit den BIA-Messgrößen WB, FFM in Prozent und TBW in Prozent sowie eine signifikant negative Korrelation mit der FM in Prozent berechnet. Ein höherer Score wurde mit einer größeren Wasserbalance und einem größeren TBW Anteil in Prozent assoziiert. Die Wasserbalance und der TBW Anteil werden durch den Krankheitsstatus beeinflusst, wobei ein höherer Wert mit einem schlechteren Krankheitsstatus verbunden wird. In ähnlicher Weise wird ein höherer Score mit einem schlechteren Ernährungsstatus verbunden. Es zeigt sich also ein Zusammenhang zwischen dem Ernährungsstatus und dem Krankheitsstatus.

Zusammenfassend werden die wichtigsten signifikanten Korrelationen zur Beantwortung der Forschungsfragen dieser Masterarbeit in der folgenden Tabelle (Tabelle 40) dargestellt.

Tabelle 40: Zusammenfassung der signifikanten Korrelationen

signifikante Korrelationen		
Aufenthaltsdauer und GCS	r=-0,441	p<0,05
Aufenthaltsdauer und Gesamteiweiß-Konzentration	r=-0,465	p<0,05
Aufenthaltsdauer und Wadenumfang	r=-0,619	p<0,05
Aufenthaltsdauer und Ernährungsscore	r=0,432	p<0,05
GCS und CRP-Konzentration	r=-0,442	p<0,05
GCS und Vitamin-D-Konzentration	r=0,435	p<0,05
GCS und Gesamteiweiß-Konzentration	r=0,632	p<0,05
GCS und Serumalbumin-Konzentration	r=0,534	p<0,05
GCS und Wadenumfang	r=0,716	p<0,05
GCS und Ernährungsscore	r=-0,594	p<0,05
Vitamin-D-Konzentration und Fettmasse (kg; %)	r=0,448; r=0,503	p<0,05
Gesamteiweiß-Konzentration und Fettmasse (kg; %)	r=0,318; r=0,448	p<0,05
Vitamin-D-Konzentration und fettfreie Masse (%)	r=-0,503	p<0,05
Gesamteiweiß-Konzentration und fettfreie Masse (%)	r=-0,448	p<0,05
Vitamin-D-Konzentration und Gesamtkörperwasser (%)	r=-0,525	p<0,05
Gesamteiweiß-Konzentration und Gesamtkörperwasser (%)	r=-0,545	p<0,05
Punkteergebnis Ernährungsscreening und Phasenwinkel	r=-0,568	p<0,05
Punkteergebnis Ernährungsscreening und fettfreie Masse (kg)	r=-0,596	p<0,05

Eine Limitierung dieser Pilotstudie war, dass die Messungen von zwei verschiedenen Personen durchgeführt wurden. Es wurde zwar darauf geachtet, die Anleitungen für die korrekte Durchführung einer BIA-Messung zu befolgen und am Anfang wurden die Messungen gemeinsam durchgeführt, trotzdem können Unterschiede bei der individuellen Durchführung auftreten. Die Gewichtsmessung bei den PatientInnen auf der Normalstation stellte sich zum Teil als schwierig heraus. Aufgrund von Immobilität oder ärztlicher Anordnung konnten die PatientInnen manchmal das Bett nicht verlassen und somit war eine Gewichtsmessung mittels der auf den Stationen verwendeten Personen-

waage nicht möglich und es musste sich auf die Gewichtsangabe durch die PatientInnen verlassen werden.

Darüber hinaus wurde schon in einigen Studien kritisiert, dass die Ergebnisse der BIA nur bei optimalen Bedingungen und bei gesunden Personen valide sind. Die Durchführung der BIA bei IntensivpatientInnen erfolgt bei instabilen metabolischen Bedingungen und aufgrund des Krankheitsstatus und der noch fehlenden Validierung bei kritisch kranken Personen sind die Ergebnisse noch mit Vorsicht zu genießen.

Dennoch wurde auch in anderen wissenschaftlichen Arbeiten der Phasenwinkel als direkter Messparameter als wenig anfällig für Veränderungen beschrieben (Lee et al., 2015). Ein weiterer Vorteil zeigt sich dadurch, dass der Phasenwinkel auch ohne Größen- und Gewichtsmessung bestimmt werden kann.

Die bioelektrische Impedanz Analyse stellt auf jeden Fall eine einfache, kostengünstige, nicht invasive und schnelle Möglichkeit dar, um die Körperzusammensetzung bei stationären PatientInnen zu beurteilen. In der vorliegenden Studie wurde sie dazu verwendet, um den Ernährungsstatus bei PatientInnen mit einem Schädelhirntrauma zu erfassen und die Ergebnisse der BIA mit anderen Parametern für die Beurteilung des Ernährungszustandes zu vergleichen.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass die genaue Untersuchung des Ernährungsstatus bei der Aufnahme wichtig ist, um eventuelle Mängel aufzuzeigen, eine Mangelernährung zu verhindern und mittels einer rechtzeitigen und bedarfsgerechten ernährungstherapeutischen Betreuung eine Grundlage für eine rasche Genesung und eine kurze Aufenthaltsdauer des Patienten/der Patientin zu liefern.

Es konnte also gezeigt werden, dass neben dem Phasenwinkel noch andere BIA-Parameter mit den ernährungsspezifischen Parametern korrelieren und somit für die Beurteilung des Ernährungszustandes bei der Aufnahme von Trauma-PatientInnen verwendet werden können. Der Phasenwinkel zeigte sich auch in anderen Studien als besonders geeignet, da er weniger anfällig für Schwankungen verursacht durch den Krankheitsstatus ist und auch ohne Größen- und Gewichtsmessung bestimmt werden kann (Lee et al., 2015). Dennoch muss zuerst eine Validierung der BIA-Messung bei kritisch kranken Patienten durch andere Referenzmethoden erfolgen, um die eine generelle Nutzung der BIA bei dieser Patientengruppe empfehlen zu können. Für eine ge-

nauere Untersuchung des Ernährungszustandes bei der Aufnahme von Schädelhirntrauma-PatientInnen sollte zudem darauf geachtet werden, dass die Datenerhebung gleich nach der Aufnahme und nicht erst ein paar Tage später erfolgt. Um eine wissenschaftliche Aussagekraft zu erreichen, sollten außerdem ein größeres Patientenkollektiv mit einer ausgeglichenen Geschlechterverteilung und eventuell auch ein Vergleich mit einer gesunden Vergleichsgruppe erfolgen. Dennoch konnte durch diese Pilotstudie der Ernährungszustand und das Entzündungsgeschehen bei PatientInnen mit einem Schädelhirntrauma in den ersten Tagen des Krankenhausaufenthaltes dargestellt und wichtige Informationen für weitere Untersuchungen geliefert werden.

6. Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel: Die bioelektrische Impedanz Analyse stellt eine validierte Technik dar, um die Körperzusammensetzung und den Ernährungszustand von stationären PatientInnen zu beurteilen. Bei Schädelhirntrauma-PatientInnen ist vor allem die Vermeidung einer Katabolie von höchster Wichtigkeit. Eine der wichtigsten Säulen der Katabolie Prävention stellt die genaue und verlässliche Abklärung des metabolischen und nutritiven Patientenzustandes dar. Zweck der gegenständlichen Pilotstudie war, mehr Informationen über die Vergleichbarkeit der Aussagen diverser Parameter für die Beurteilung des Ernährungszustandes von Schädelhirntrauma-PatientInnen zu erhalten.

Methode: Bei dieser prospektiven nicht-interventionellen Beobachtungsstudie wurde der Ernährungszustand von 28 Schädelhirntrauma-PatientInnen kurz nach der Krankenhausaufnahme mittels verschiedener Messmethoden erhoben und die Korrelationen der unterschiedlichen Parameter berechnet, sowie deren Einfluss auf die Aufenthaltsdauer und den Schweregrad des Schädelhirntraumas untersucht. Die Rekrutierung lief über einen Zeitraum von einem Jahr. Neben der bioelektrischen Impedanz Analyse wurden anthropometrische Messungen (Größe, Gewicht, BMI, Wadenumfang), Laborparameter (Gesamteiweiß, Serumalbumin, CRP, Vitamin D, Malondialdehyd) sowie Ernährungsscreenings für die Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen. In weiterer Folge wurde ein Ernährungsscore aus den ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D, Gesamteiweiß, Serumalbumin und Wadenumfang sowie dem Entzündungsparameter CRP und dem ernährungsspezifischen BIA-Parameter Phasenwinkel bestimmt.

Resultate: Die Studienpopulation bestand aus 28 TraumapatientInnen (22 Männer, 78,6%; 6 Frauen, 21,4%) mit einem mittleren Alter von $51,7 \pm 18,2$ Jahren (20-80 Jahre), einer mittleren Aufenthaltsdauer von $29,8 \pm 14,5$ Tagen (11-66 Tage) und einem mittleren BMI von $26,4 \pm 4,6$ kg/m² (17,3-37,7 kg/m²). Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Aufenthaltsdauer und dem Ernährungsstatus gemessen an den Parametern Gesamteiweiß ($r = -0,465$; $p < 0,05$) und Wadenumfang ($r = -0,619$; $p < 0,05$) sowie dem Schweregrad des Schädelhirntraumas ($r = -0,441$; $p < 0,05$). Sowohl ein schlechterer Ernährungsstatus als auch ein schwereres Schädelhirntrauma wurden mit einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer assoziiert. Darüber hinaus wurde eine

signifikante Korrelation des Schweregrades mit den Laborparametern Gesamteiweiß ($r=0,632$; $p<0,05$), Serumalbumin ($r=0,534$; $p<0,05$), Vitamin D ($r=0,435$; $p<0,05$) und CRP ($r=-0,442$; $p<0,05$) sowie dem Wadenumfang ($r=0,716$; $p<0,05$) ermittelt. Ein schwereres Schädelhirntrauma war mit einem schlechteren Ernährungszustand assoziiert. Außerdem zeigte sich eine signifikante Korrelation der BIA-Parameter Fettmasse in kg und Prozent ($r=0,318$; $p<0,05$ bzw. $r=0,448$; $p<0,05$ und $r=0,448$; $p<0,05$ bzw. $r=0,503$; $p<0,05$), sowie der Menge der fettfreien Masse in Prozent ($r=-0,448$; $p<0,05$ und $r=-0,503$; $p<0,05$) und der Menge des Gesamtkörperwassers in Prozent ($r=-0,545$; $p<0,05$ und $r=-0,525$; $p<0,05$) mit den ernährungsspezifischen Laborparametern Gesamteiweiß und Vitamin D. Das Ergebnis der Ernährungsscreenings in Punkten korrelierte überdies signifikant negativ mit dem Phasenwinkel ($r=-0,568$; $p<0,05$) und der Menge der fettfreien Masse in kg ($r=-0,596$; $p<0,05$). Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ernährungsscore und der Aufenthaltsdauer ($r=0,432$; $p<0,05$) sowie dem Schweregrad des Schädelhirntraumas ($r=-0,594$; $p<0,05$). Des Weiteren wurde eine signifikante Korrelation mit den BIA-Messgrößen WB ($r=0,404$; $p<0,05$), TBW in Prozent ($r=0,473$; $p<0,05$), FFM in Prozent ($r=0,422$; $p<0,05$) und FM in Prozent ($r=-0,422$; $p<0,05$) berechnet.

Schlussfolgerung: Die bioelektrische Impedanz Analyse stellt auf jeden Fall eine einfache, kostengünstige, nicht invasive und schnelle Möglichkeit dar, um die Körperzusammensetzung bei stationären PatientInnen zu beurteilen. Es konnte gezeigt werden, dass die BIA-Parameter mit den ernährungsspezifischen Parametern korrelieren und somit für die Beurteilung des Ernährungszustandes bei der Aufnahme von Trauma-PatientInnen verwendet werden können. Dennoch muss zuerst eine Validierung der BIA-Messung bei kritisch kranken PatientInnen durch andere Referenzmethoden erfolgen, um eine generelle Nutzung der BIA bei dieser Patientengruppe empfehlen zu können.

7. Summary

Background: The bioelectrical impedance analysis provides a validated technique to assess body composition and nutritional status of hospitalised patients. It is essential to avoid catabolism in patients with craniocerebral injuries. One important column in the prevention of catabolism is the exact and reliable clarification of the patient's metabolic and nutritional status. The aim of this pilot study was to generate more information on the comparability of parameters used to assess the nutritional status of patients with craniocerebral injuries.

Method: This prospective non-interventional observational pilot study aimed to determine the nutritional status of 28 patients with craniocerebral injuries shortly after their hospital admission. The recruiting period lasted one year. Thereby various methods were used, correlations assessed and linked to the length of hospitalisation and the trauma severity. Beside the bioelectrical impedance analysis anthropometric measurements (height, weight, BMI, calf circumference), laboratory parameters (total protein, serum albumin, CRP, vitamin D, malondialdehyde) as well as nutritional screenings were used to assess the nutritional status. In addition a nutritional score was created using the nutritional parameters vitamin D, total protein, serum albumin and calf circumference together with the inflammatory marker CRP and the nutritional BIA parameter phase angle.

Results: The study population consisted of 28 trauma patients (22 men, 78,6%; 6 women; 21,4%) with a mean age of $51,7 \pm 18,2$ years (20-80 years), a mean length of hospitalisation $29,8 \pm 14,5$ days (11-66 days) and a mean BMI of $26,4 \pm 4,6$ kg/m² (17,3-37,7 kg/m²). A significant correlation could be shown between the length of hospitalisation and the nutritional status as measured by the parameters total protein ($r=-0,465$; $p<0,05$) and calf circumference ($r=-0,619$; $p<0,05$) as well as the trauma severity ($r=-0,441$; $p<0,05$). Both severe trauma and poor nutritional status were associated with a significantly higher length of hospitalisation. The trauma severity furthermore correlated significantly with the laboratory parameters total protein ($r=0,632$; $p<0,05$), serum albumin ($r=0,534$; $p<0,05$), vitamin D ($r=0,435$; $p<0,05$) and CRP ($r=-0,442$; $p<0,05$) as well as the calf circumference ($r=0,716$; $p<0,05$). A more severe trauma was associated with a

poorer nutritional status. Moreover a significant correlation could be demonstrated between the BIA parameters fat mass in kg and percent ($r=0,318$; $p<0,05$ or $r=0,448$; $p<0,05$ and $r=0,448$; $p<0,05$ or $r=0,503$; $p<0,05$), as well as the amount of fat free mass in percent ($r=-0,448$; $p<0,05$ and $r=-0,503$; $p<0,05$) and the amount of total body water in percent ($r=-0,545$; $p<0,05$ and $r=-0,525$; $p<0,05$) and the laboratory parameters total protein and vitamin D. The nutritional screening result correlated significantly negative with the phase angle ($r=-0,568$; $p<0,05$) and the amount of fat free mass in percent ($r=-0,596$; $p<0,05$). A significant correlation was shown between the nutritional score and the length of hospitalisation ($r=0,432$; $p<0,05$) as well as the trauma severity ($r=-0,594$; $p<0,05$). Also a significant correlation was estimated with the result of the nutritional score and the BIA parameters WB ($r=0,404$; $p<0,05$), TBW in percent ($r=0,473$; $p<0,05$), FFM in percent ($r=0,422$; $p<0,05$) and FM in percent ($r=-0,422$; $p<0,05$).

Conclusion: The bioelectrical impedance analysis definitely provides an easy, economic, non-invasive and fast opportunity to assess the body composition in hospitalised patients. A significant correlation between the BIA parameters and the nutritional parameters could be demonstrated and therefore their use for the assessment of the nutritional status of trauma patients at hospital admission. Nevertheless the use of the BIA in critically ill patients with other reference methods needs to be validated to recommend a general utilisation in this particular patient group.

8. Literaturverzeichnis

- AENGUS Ernährungskonzepte GmbH. (2014). Kurzanleitung zur Durchführung von Bioimpedanz-Messungen. In *Handout Bio-Impedanz-Analyse*.
- Basso, F., Berdin, G., Virzi, G. M., Mason, G., Piccinni, P., Day, S., ... Ronco, C. (2013). Fluid management in the intensive care unit: bioelectrical impedance vector analysis as a tool to assess hydration status and optimal fluid balance in critically ill patients. *Blood Purification*, 36, 192–199.
- Blass, S. C., Goost, H., Burger, C., Tolba, R. H., Stoffel-Wagner, B., Stehle, P., & Ellinger, S. (2013). Extracellular micronutrient levels and pro-/antioxidant status in trauma patients with wound healing disorders: results of a cross-sectional study. *Nutrition Journal*, 12(1), 157.
- Carvalho Berbigier, M., Fernandes Pasinato, V., de Almeida Rubin, B., & Dalira Schweigert Perry, I. (2013). Bioelectrical impedance phase angle in septic patients admitted to intensive care units. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 25(1), 25–31.
- Cook, A. M., Peppard, A., & Magnuson, B. (2008). Nutrition Considerations in Traumatic Brain Injury. *Nutrition in Clinical Practice*, 23(6), 608 – 620.
- Correia, M. I. T. D., & Waitzberg, D. L. (2003). The impact of malnutrition on morbidity, mortality, length of hospital stay and costs evaluated through a multivariate model analysis. *Clinical Nutrition*, 22(3), 235–239.
- Data Input GmbH. (2005). *Das B.I.A.-Kompendium 3. Ausgabe*.
- Delank, H.-W., & Gehlen, W. (2006). *Neurologie* (11. Korrig). Georg Thieme Verlag.
- Feldblum, I., German, L., Castel, H., Harman-Boehm, I., Bilenko, N., Eisinger, M., ... Shahrar, D. R. (2007). Characteristics of undernourished older medical patients and the identification of predictors for undernutrition status. *Nutrition Journal*, 6, 37.
- Forni, L. G., Hasslacher, J., & Joannidis, M. (2015). Bioelectrical impedance vector analysis in the critically ill: cool tool or just another “toy”? *Critical Care (London, England)*, 19(1), 387.
- Frühwald, T., Hofer, A., Meidlinger, B., Roller-Wirnsberger, R., Rust, P., Schindler, K., ... Wüst, N. (2013). *Wissenschaftliche Aufbereitung für Empfehlungen „Ernährung im Alter in verschiedenen Lebenssituationen“*. Ages, Bundesministerium für Gesundheit.

- Hackl, J. M. (2003). Ermittlung des Ernährungsstatus. In *Praxishandbuch Klinische Ernährung und Infusionstherapie* (pp. 1–20).
- Hamp, T., & Weidenauer, D. (2010). *Lehrbuch Tertiäre Notfall- und Intensivmedizin*. Springer-Verlag.
- Horn, F. (2015). *Biochemie des Menschen* (6. Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Kondrup, J., Johansen, N., Plum, L., Bak, L., Larsen, I., Martinsen, A., ... Lauesen, N. (2002). Incidence of nutritional risk and causes of inadequate nutritional care in hospitals. *Clinical Nutrition*, 21(6), 461–468.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ... Pichard, C. (2004a). Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226–1243.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., ... Pichard, C. (2004b). Bioelectrical impedance analysis - Part II: Utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430–1453.
- Kyle, U. G., Genton, L., & Pichard, C. (2013). Low phase angle determined by bioelectrical impedance analysis is associated with malnutrition and nutritional risk at hospital admission. *Clinical Nutrition*, 32(2), 294–299.
- Kyle, U. G., Soundar, E. P., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Can phase angle determined by bioelectrical impedance analysis assess nutritional risk? A comparison between healthy and hospitalized subjects. *Clinical Nutrition*, 31(6), 875–881.
- Lee, Y., Kwon, O., Shin, C. S., & Lee, S. M. (2015). Use of bioelectrical impedance analysis for the assessment of nutritional status in critically ill patients. *Clinical Nutrition Research*, 4(1), 32–40.
- Malbrain, M. L. N. G., Huygh, J., Dabrowski, W., De Waele, J. J., Staelens, A., & Wauters, J. (2014). The use of bio-electrical impedance analysis (BIA) to guide fluid management, resuscitation and deresuscitation in critically ill patients: a bench-to-bedside review. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 46(5), 381–391.
- Mehta, R., Clark, W., & Schetz, M. (2002). Techniques for assessing and achieving fluid balance in acute renal failure. *Current Opinion in Critical Care*, 8(6), 535–543.
- Müller, S. D. (2011). *Die bioelektrische Impedanz Analyse (BIA)*. Grin Verlag.

- Paillaud, E., Herbaud, S., Caillet, P., Lejonc, J. L., Campillo, B., & Bories, P. N. (2005). Relations between undernutrition and nosocomial infections in elderly patients. *Age and Ageing*, 34(6), 619–625.
- Payen, D., de Pont, A., Sakr, Y., Spies, C., Reinhart, K., Vincent, J., & the Sepsis Occurrence in Acutely Ill Patients, I. (2008). A positive fluid balance is associated with a worse outcome in patients with acute renal failure. *Crit Care*, 12(3), R74.
- Perel, P., Yanagawa, T., Bunn, F., Roberts, I., Wentz, R., & Pierro, A. (2008). Nutritional support for head-injured patients. *The Cochrane Library*, (4).
- Pirlich, M. (2004). Was ist Mangelernährung? *Wiener Klinische Wochenschrift*, 575–578.
- Pirlich, M. (2005). Klinische Anwendungsgebiete der Bioelektrischen Impedanzanalyse. *Das B.I.A. Kompendium*, 3. Auflage, 48–54.
- Pirlich, M., Schwenk, A., & Müller, M. J. (2003). DGEM-Leitlinie Enterale Ernährung : Ernährungsstatus. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, (28), 10–28.
- Savalle, M., Gillaizeau, F., Maruani, G., Puymirat, E., Bellenfant, F., Houillier, P., ... Faisy, C. (2012). Assessment of body cell mass at bedside in critically ill patients. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 303(3), E389–
- Thompson, C., & Fuhrman, M. (2005). Nutrients and Wound Healing: Still Searching for the Magic Bullet. *Nutrition in Clinical Practice*, 20(3), 331–347.
- Van Aken, H., Reinhart, K., Welte, T., & Weigand, M. (2014). *Intensivmedizin* (3. Auflage).
- Wang, X., Dong, Y., Han, X., Qi, X.-Q., Huang, C.-G., & Hou, L.-J. (2013). Nutritional support for patients sustaining traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *PloS One*, 8(3), e58838.
- Wirth, R., & Miklis, P. (2005). Die Bioelektrische Impedanzanalyse in der Diagnostik der Malnutrition. *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 38(5), 315–321.

9. Anhang

Short Nutritional Assessment Questionnaire

1. Haben Sie **ungewollt** Gewicht verloren?

mehr als 6 kg in den letzten 6 Monaten	3
mehr als 3 kg im letzten Monat	2

 2. Hatten Sie im letzten Monat weniger **Appetit**?

	1
--	---

 3. Haben Sie im letzten Monate Trinknahrung zu sich genommen oder wurden Sie mit einer Ernährungssonde ernährt?

	1
--	---
-
- | | |
|------------|---|
| 0-1 Punkt | normal ernährt, keine Intervention |
| 2 Punkte | leichte Mangelernährung, Ernährungsintervention |
| ≥ 3 Punkte | schwere Mangelernährung, Ernährungsintervention durch SpezialistInnen |

H.M. Kruijenga et al. Clin Nutr. 2005, 24, 75-82

Abb. 3: Screening auf Mangelernährung im Krankenhaus

Nutritional Risk Screening (NRS 2002)

nach Kondrup J et al., Clinical Nutrition 2003; 22: 415-421

Empfohlen von der Europäischen Gesellschaft für Klinische Ernährung und Stoffwechsel (ESPEN)

Vorscreening:

- Ist der Body Mass Index $< 20,5 \text{ kg/m}^2$? ☐ ja ☐ nein
- Hat der Patient in den vergangenen 3 Monaten an Gewicht verloren? ☐ ja ☐ nein
- War die Nahrungszufuhr in der vergangenen Woche vermindert? ☐ ja ☐ nein
- Ist der Patient schwer erkrankt? (z.B. Intensivtherapie) ☐ ja ☐ nein

- ⇒ Wird eine dieser Fragen mit „Ja“ beantwortet, wird mit dem Hauptscreening fortgefahren
- ⇒ Werden alle Fragen mit „Nein“ beantwortet, wird der Patient wöchentlich neu gescreent.
- ⇒ Wenn für den Patienten z.B. eine große Operation geplant ist, sollte ein präventiver Ernährungsplan verfolgt werden, um dem assoziierte Risiko vorzubeugen.

Hauptscreening:

Störung des Ernährungszustands	Punkte
Keine	0
Mild	1
Gewichtsverlust $> 5\%$ / 3 Mo. <u>oder</u> Nahrungs- zufuhr $< 50-75\%$ des Bedarfes in der vergangenen Woche	
Mäßig	2
Gewichtsverlust $> 5\%$ / 2 Mo. <u>oder</u> BMI 18,5- 20,5 kg/m^2 <u>und</u> reduzierter Allgemeinzustand (AZ) <u>oder</u> Nahrungszufuhr 20-60% des Bedarfes in der vergangenen Woche	
Schwer	3
Gewichtsverlust $> 5\%$ / 1 Mo. ($> 15\%$ / 3 Mo.) <u>oder</u> BMI $< 18,5 \text{ kg/m}^2$ und reduzierter Allge- meinzustand <u>oder</u> Nahrungszufuhr 0-25% des Bedarfes in der vergangenen Woche	

+

Krankheitsschwere	Punkte
Keine	0
Mild	1
z.B. Schenkelhalsfraktur, chronische Erkran- kungen besonders mit Komplikationen: Leberzirrhose, chronisch obstruktive Lungenerkrankung, chronische Hämodialyse, Diabetes, Krebsleiden	
Mäßig	2
z.B. große Bauchchirurgie, Schlaganfall, schwere Pneumonie, hämatologische Krebserkrankung	
Schwer	3
z.B. Kopfverletzung, Knochenmarktrans- plantation, Intensivpflichtige Patienten (APACHE-II > 10)	

+

1 Punkt, wenn Alter ≥ 70 Jahre

≥ 3 Punkte	Ernährungsrisiko liegt vor, Erstellung eines Ernährungsplanes
< 3 Punkte	wöchentlich wiederholtes Screening. Wenn für den Patienten z.B. eine große Operation geplant ist, sollte ein präventiver Ernährungsplan verfolgt werden, um das assoziierte Risiko zu vermeiden

AKE Screening für die geriatrische Langzeitbetreuung

Patient Kleboetkott

aktuelles Gewicht [kg]:	Körpergröße [m]:
BMI [kg/m ²]:	
Kniehöhe [cm]: (bestimmen, wenn Körpergröße nicht korrekt messbar ist)	

A	Ungewollter Gewichtsverlust während der letzten Monate? 0 = keiner bis kleiner 5% des Ausgangsgewichts 1 = bei BMI >22: mehr als 5% des Ausgangsgewichts 2 = bei BMI <22: mehr als 5% des Ausgangsgewichts 3 = mehr als 10% des Ausgangsgewichts	Punkte ☐
B	Body Mass Index (BMI) [kg/m²] 0 = größer 22 1 = 20–22 2 = 18–19,9 3 = kleiner 18	Punkte ☐
C	Kam es in den letzten 2 Monaten aufgrund von Appetitverlust, Kau- / Schluckbeschwerden oder einer intentionalen Essstörung zu einem Rückgang der Nahrungsaufnahme? Haben sich die Essenszeiten auffällig verlängert (über 30 Minuten, trotz ambitionierter Unterstützung bei der Nahrungsaufnahme)? 0 = keine auffälligen Veränderungen bzw. adäquate sondengestützte/parenterale Ernährung 1 = auffällige Verlängerung der Essenszeiten 3 = erheblicher Rückgang der Nahrungsaufnahme, Bolusgefahr/ Bolusereignis	Punkte ☐
D	Beweglichkeit der oberen Extremitäten 0 = Willkürmotorik der oberen Extremitäten erhalten oder sondengestützte adäquate Ernährung 1 = kein funktioneller Gebrauch der beiden oberen Extremitäten	Punkte ☐
E	War der Patient in den letzten 2 Monaten ernsthaft akut erkrankt oder besteht eine schwere chronische Erkrankung? 0 = nein 1 = ja	Punkte ☐
F	Besteht eine Demenz? 0 = leichte oder keine Demenz 1 = mittelgradige Demenz (MMSE 7–15 Punkte) 2 = schwere Demenz (MMSE <7 Punkte)	Punkte ☐

Ergebnis ☐	≥ 3: Risiko für Mangelernährung oder bereits bestehende Mangelernährung	Durchgeführt von: _____
--	---	-------------------------

ärztlicher Kommentar: _____

Therapieziel: _____

Zufuhr: ☐ oral ☐ Trinknahrung ☐ enteral ☐ parenteral / Produkte:

Datum: _____ Arztunterschrift: _____

Formulare können heruntergeladen werden, siehe www.ake-nutrition.at.

Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel: Die bioelektrische Impedanz Analyse stellt eine validierte Technik dar, um die Körperzusammensetzung und den Ernährungszustand von stationären PatientInnen zu beurteilen. Bei Schädelhirntrauma-PatientInnen ist vor allem die Vermeidung einer Katabolie von höchster Wichtigkeit. Eine der wichtigsten Säulen der Katabolie Prävention stellt die genaue und verlässliche Abklärung des metabolischen und nutritiven Patientenzustandes dar. Zweck der gegenständlichen Pilotstudie war, mehr Informationen über die Vergleichbarkeit der Aussagen diverser Parameter für die Beurteilung des Ernährungszustandes von Schädelhirntrauma-PatientInnen zu erhalten.

Methode: Bei dieser prospektiven nicht-interventionellen Beobachtungsstudie wurde der Ernährungszustand von 28 Schädelhirntrauma-PatientInnen kurz nach der Krankenhausaufnahme mittels verschiedener Messmethoden erhoben und die Korrelationen der unterschiedlichen Parameter berechnet, sowie deren Einfluss auf die Aufenthaltsdauer und den Schweregrad des Schädelhirntraumas untersucht. Die Rekrutierung lief über einen Zeitraum von einem Jahr. Neben der bioelektrischen Impedanz Analyse wurden anthropometrische Messungen (Größe, Gewicht, BMI, Wadenumfang), Laborparameter (Gesamteiweiß, Serumalbumin, CRP, Vitamin D, Malondialdehyd) sowie Ernährungsscreenings für die Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen. In weiterer Folge wurde ein Ernährungsscore aus den ernährungsspezifischen Parametern Vitamin D, Gesamteiweiß, Serumalbumin und Wadenumfang sowie dem Entzündungsparameter CRP und dem ernährungsspezifischen BIA-Parameter Phasenwinkel bestimmt.

Resultate: Die Studienpopulation bestand aus 28 TraumapatientInnen (22 Männer, 78,6%; 6 Frauen, 21,4%) mit einem mittleren Alter von $51,7 \pm 18,2$ Jahren (20-80 Jahre), einer mittleren Aufenthaltsdauer von $29,8 \pm 14,5$ Tagen (11-66 Tage) und einem mittleren BMI von $26,4 \pm 4,6$ kg/m² (17,3-37,7 kg/m²). Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Aufenthaltsdauer und dem Ernährungsstatus gemessen an den Parametern Gesamteiweiß ($r = -0,465$; $p < 0,05$) und Wadenumfang ($r = -0,619$; $p < 0,05$) sowie dem Schweregrad des Schädelhirntraumas ($r = -0,441$; $p < 0,05$). Sowohl ein schlechterer Ernährungsstatus als auch ein schwereres Schädelhirntrauma wurden

mit einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer assoziiert. Darüber hinaus wurde eine signifikante Korrelation des Schweregrades mit den Laborparametern Gesamteiweiß ($r=0,632$; $p<0,05$), Serumalbumin ($r=0,534$; $p<0,05$), Vitamin D ($r=0,435$; $p<0,05$) und CRP ($r=-0,442$; $p<0,05$) sowie dem Wadenumfang ($r=0,716$; $p<0,05$) ermittelt. Ein schwereres Schädelhirntrauma war mit einem schlechteren Ernährungszustand assoziiert. Außerdem zeigte sich eine signifikante Korrelation der BIA-Parameter Fettmasse in kg und Prozent ($r=0,318$; $p<0,05$ bzw. $r=0,448$; $p<0,05$ und $r=0,448$; $p<0,05$ bzw. $r=0,503$; $p<0,05$), sowie der Menge der fettfreien Masse in Prozent ($r=-0,448$; $p<0,05$ und $r=-0,503$; $p<0,05$) und der Menge des Gesamtkörperwassers in Prozent ($r=-0,545$; $p<0,05$ und $r=-0,525$; $p<0,05$) mit den ernährungsspezifischen Laborparametern Gesamteiweiß und Vitamin D. Das Ergebnis der Ernährungsscreenings in Punkten korrelierte überdies signifikant negativ mit dem Phasenwinkel ($r=-0,568$; $p<0,05$) und der Menge der fettfreien Masse in kg ($r=-0,596$; $p<0,05$). Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ernährungsscore und der Aufenthaltsdauer ($r=0,432$; $p<0,05$) sowie dem Schweregrad des Schädelhirntraumas ($r=-0,594$; $p<0,05$). Des Weiteren wurde eine signifikante Korrelation mit den BIA-Messgrößen WB ($r=0,404$; $p<0,05$), TBW in Prozent ($r=0,473$; $p<0,05$), FFM in Prozent ($r=0,422$; $p<0,05$) und FM in Prozent ($r=-0,422$; $p<0,05$) berechnet.

Schlussfolgerung: Die bioelektrische Impedanz Analyse stellt auf jeden Fall eine einfache, kostengünstige, nicht invasive und schnelle Möglichkeit dar, um die Körperzusammensetzung bei stationären PatientInnen zu beurteilen. Es konnte gezeigt werden, dass die BIA-Parameter mit den ernährungsspezifischen Parametern korrelieren und somit für die Beurteilung des Ernährungszustandes bei der Aufnahme von Trauma-PatientInnen verwendet werden können. Dennoch muss zuerst eine Validierung der BIA-Messung bei kritisch kranken PatientInnen durch andere Referenzmethoden erfolgen, um eine generelle Nutzung der BIA bei dieser Patientengruppe empfehlen zu können.

Abstract

Background: The bioelectrical impedance analysis provides a validated technique to assess body composition and nutritional status of hospitalised patients. It is essential to avoid catabolism in patients with craniocerebral injuries. One important column in the prevention of catabolism is the exact and reliable clarification of the patient's metabolic and nutritional status. The aim of this pilot study was to generate more information on the comparability of parameters used to assess the nutritional status of patients with craniocerebral injuries.

Method: This prospective non-interventional observational pilot study aimed to determine the nutritional status of 28 patients with craniocerebral injuries shortly after their hospital admission. The recruiting period lasted one year. Thereby various methods were used, correlations assessed and linked to the length of hospitalisation and the trauma severity. Beside the bioelectrical impedance analysis anthropometric measurements (height, weight, BMI, calf circumference), laboratory parameters (total protein, serum albumin, CRP, vitamin D, malondialdehyde) as well as nutritional screenings were used to assess the nutritional status. In addition a nutritional score was created using the nutritional parameters vitamin D, total protein, serum albumin and calf circumference together with the inflammatory marker CRP and the nutritional BIA parameter phase angle.

Results: The study population consisted of 28 trauma patients (22 men, 78,6%; 6 women; 21,4%) with a mean age of $51,7 \pm 18,2$ years (20-80 years), a mean length of hospitalisation $29,8 \pm 14,5$ days (11-66 days) and a mean BMI of $26,4 \pm 4,6$ kg/m² (17,3-37,7 kg/m²). A significant correlation could be shown between the length of hospitalisation and the nutritional status as measured by the parameters total protein ($r=-0,465$; $p<0,05$) and calf circumference ($r=-0,619$; $p<0,05$) as well as the trauma severity ($r=-0,441$; $p<0,05$). Both severe trauma and poor nutritional status were associated with a significantly higher length of hospitalisation. The trauma severity furthermore correlated significantly with the laboratory parameters total protein ($r=0,632$; $p<0,05$), serum albumin ($r=0,534$; $p<0,05$), vitamin D ($r=0,435$; $p<0,05$) and CRP ($r=-0,442$; $p<0,05$) as well as

the calf circumference ($r=0,716$; $p<0,05$). A more severe trauma was associated with a poorer nutritional status. Moreover a significant correlation could be demonstrated between the BIA parameters fat mass in kg and percent ($r=0,318$; $p<0,05$ or $r=0,448$; $p<0,05$ and $r=0,448$; $p<0,05$ or $r=0,503$; $p<0,05$), as well as the amount of fat free mass in percent ($r=-0,448$; $p<0,05$ and $r=-0,503$; $p<0,05$) and the amount of total body water in percent ($r=-0,545$; $p<0,05$ and $r=-0,525$; $p<0,05$) and the laboratory parameters total protein and vitamin D. The nutritional screening result correlated significantly negative with the phase angle ($r=-0,568$; $p<0,05$) and the amount of fat free mass in percent ($r=-0,596$; $p<0,05$). A significant correlation was shown between the nutritional score and the length of hospitalisation ($r=0,432$; $p<0,05$) as well as the trauma severity ($r=-0,594$; $p<0,05$). Also a significant correlation was estimated with the result of the nutritional score and the BIA parameters WB ($r=0,404$; $p<0,05$), TBW in percent ($r=0,473$; $p<0,05$), FFM in percent ($r=0,422$; $p<0,05$) and FM in percent ($r=-0,422$; $p<0,05$).

Conclusion: The bioelectrical impedance analysis definitely provides an easy, economic, non-invasive and fast opportunity to assess the body composition in hospitalised patients. A significant correlation between the BIA parameters and the nutritional parameters could be demonstrated and therefore their use for the assessment of the nutritional status of trauma patients at hospital admission. Nevertheless the use of the BIA in critically ill patients with other reference methods needs to be validated to recommend a general utilisation in this particular patient group.