

Aus der Klinik für Anaesthesiologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Bernhard Zwißler

**Analyse der Auswirkungen von Sarkopenie und Adipositas bei
polytraumatisierten Patienten mithilfe anthropometrischer Messungen**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Balázs Gábor Poros
aus
Budapest, Ungarn
2020

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	PD Dr. Michael Irlbeck
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Stefan Wirth Prof. Dr. Thorsten Johnson
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	PD Dr. med. Thomas Weig
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	13.02.2020

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	1
Tabellenverzeichnis.....	2
Abkürzungsverzeichnis.....	3
1. Einleitung.....	4
1.1. Anthropometrie: Die Art und Weise der Beurteilung von Körperaufbau.....	4
1.2. Klassische und alternative Methoden zur Erfassung der Körperkonstitution	5
1.2.1. Body Mass Index.....	5
1.2.2. Taillenumfang (waist circumference, WC) und Taille-Hüft-Verhältnis (waist-to-hip ratio, WHR)	6
1.2.3. Waist-to-height Ratio	6
1.2.4. Sagittaler abdominaler Diameter	7
1.2.5. Viszerales und subkutanes Fettgewebe (VAT/SAT).....	7
1.2.6. Methoden zur selektiven Messung der Muskelmasse.....	8
1.3. Klinische Bedeutung der Körperkonstitution bei Traumapatienten.....	8
1.4. Auswirkungen der Körperkonstitution bei kritisch kranken Patienten: Das „obesity paradox“	9
1.5. Ziel der Arbeit.....	10
2. Material und Methode	11
2.1. Patientenkollektiv	11
2.2. Der TraumaRegister DGU®	11
2.2.1. Einschlusskriterien.....	11
2.2.2. Die im Register erfassten Daten.....	12
2.3. Laborchemische Parameter	15
2.4. Bildgebung- und Verarbeitung	16
2.4.1. CT-Diagnostik.....	16
2.4.2. Das OsirixMD-System	16
2.4.3. Ablauf der Bildanalyse.....	16
2.4.4. Validierung des Prozesses	19
2.5. Software und Statistik	20
2.5.1. Software	20
2.5.2. Statistische Methoden	20
3. Ergebnisse	22
3.1. Teil I: Validierung der Technik des Bildverarbeitungsprozesses	22
3.1.1. Demographische Daten.....	22
3.1.2. Intraobserver-Reliabilität	23

3.1.3.	Interobserver-Reliabilität	23
3.2.	Teil II: Analyse der Auswirkungen von Sarkopenie und Adipositas auf den klinischen Verlauf	24
3.2.1.	Demographische Daten	24
3.2.2.	Präklinische Phase	28
3.2.3.	Assoziationen zwischen Körperaufbau und initialen Laborwerten.....	31
3.2.4.	Innerklinische Phase	33
4.	Diskussion	46
4.1.	Teil I: Messmethodik	46
4.2.	Teil II: Analyse der Auswirkungen von Fett- und Muskelparametern auf den klinischen Verlauf	46
4.2.1.	Demographie	46
4.2.2.	Präklinische Versorgung	48
4.2.3.	Innerklinische Versorgung	49
4.3.	Limitationen.....	49
5.	Zusammenfassung und Ausblick	51
6.	Literaturverzeichnis	52
7.	Eidesstattliche Versicherung	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schritt-für-Schritt Anleitung zur Durchführung Bertillons Vermessungen	4
Abbildung 2: Bildanalyse: Auf einem Splitscreen wird die Höhe LWK 3-4 lokalisiert	17
Abbildung 3: Diametrische Messungen der Kernmuskulatur inklusive Bestimmung des SAD (roter Pfeil)	18
Abbildung 4: Planimetrische Messung der Mm. Psoas	18
Abbildung 5: Messung der Gesamtmuskulatur (TMA).....	18
Abbildung 6: Messung des viszeralen Fettgewebes (VAT).....	19
Abbildung 7: Messung des subkutanen Fettkompartiments (SAT).....	19
Abbildung 8: Verletzungsschwere anhand des maximalen AIS-Scores.....	25
Abbildung 9: Neurologisches Outcome, gemessen anhand des Glasgow Outcome Scale	25
Abbildung 10: Streudiagramme mit Darstellung der Zusammenhänge zwischen Alter (Jahre) und jeweils TMA, SAT+VAT (cm ²) und SAD (cm).	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Internationale Gewichtsklassifikation bei Erwachsenen anhand des BMI-Wertes;	5
Tabelle 2: Die AIS-Körperregionen	14
Tabelle 3: Die Einteilung der Verletzungsschwere	14
Tabelle 4: Laborparameter	15
Tabelle 5: Verteilung der anthropometrischen Parameter nach Geschlecht und Alter	22
Tabelle 6: Intra- und Interobserver-Reliabilität bei den analysierten Muskel- und Fettparameter	23
Tabelle 7: Verletzungsschwere nach AIS-Körperregionen bzw. GCS am Unfallort	24
Tabelle 8: Durchschnittswerte der wichtigsten untersuchten anthropometrischen Parameter nach Geschlecht und Alter	26
Tabelle 9: Multivariate Analyse mit Dauer der präklinischen Versorgung als abhängige Variable.	29
Tabelle 10: Multivariate Analyse mit präklinischer Volumengabe als abhängige Variable.	30
Tabelle 11: Multivariate Analyse mit Intubation als abhängige Variable.....	31
Tabelle 12: Multivariate Analyse mit Leukozytenzahl als abhängige Variable.....	32
Tabelle 13: Multivariate Analyse mit Serum-Glukose als abhängige Variable.....	32
Tabelle 14: Multivariate Analyse mit Dauer der Schockraumversorgung als abhängige Variable	34
Tabelle 15: Multivariate Analyse mit Schock als abhängige Variable	35
Tabelle 16: Analyse des Zusammenhangs zwischen Sarkopenie und Beatmungsdauer.....	37
Tabelle 17: Multivariate Analyse: Auswirkung der Fettparameter auf die Beatmungsdauer	39
Tabelle 18: Multivariate Analyse zur Beurteilung der Korrelation zwischen ITS-Verweildauer und Muskelparametern	40
Tabelle 19: Multivariate Analyse mit Verweildauer auf der Intensivstation als abhängige Variable	40
Tabelle 20: Lineare Regressionsanalyse mit Sepsis als abhängige Variable.....	41
Tabelle 21: Testung der Auswirkungen der Fettparameter auf die Inzidenz von MOV	42
Tabelle 22: Analyse zur Testung der Auswirkungen der Fettparameter auf den initialen SAPS-II-Score	43
Tabelle 23: Lineare Regressionsanalyse zur Detektion eines Zusammenhangs zwischen Outcome (Glasgow Outcome Scale) und den Muskelparametern TMA und LPA.....	44
Tabelle 24: Multivariate Analyse zur Beurteilung der Korrelation zwischen Outcome und Fettparametern	45

Abkürzungsverzeichnis

AATtot	Total abdominal adipose tissue; Abdominales Gesamtfett
ACS	Akutes Koronarsyndrom
AIS	Abbreviated injury scale; Vereinfachte Verletzungsskala
ASA	American Society of Anaesthesiologists
BMI	Body mass index; Körpermassenindex
COPD	Chronische obstruktive Lungenerkrankung
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DICOM	Digitale Bildgebung und -kommunikation in der Medizin
FAST	Focused assessment with sonography in trauma
ICC	Intraklass-Korrelationskoeffizient
IL-6	Interleukin-6
IMC	Intermediate Care Station
LPA	Lean psoas area; Fläche der Psoasmuskulatur
LWK	Lendenwirbelkörper
MESTot	Gesamtfläche der Mm. erector spinae
MOV	Multiorganversagen
MPTot	Gesamtfläche der Mm. psoas
MRT	Magnetresonanztomographie
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
RR	Relatives Risiko
SAD	Sagittaler abdominaler Durchmesser
SAPS-II-Score	Simplified acute physiology score
SAT	Subcutaneous adipose tissue; Subcutanes Fettgewebe
SOFA-Score	Sequential organ failure assessment score
TMA	Total muscle area; Gesamtmuskelfläche
VAT	Visceral adipose tissue; Viszerales Fettgewebe
WC	Waist circumference, Taillenumfang
WHR	Waist-to-hip ratio; Taille-Hüft-Verhältnis
WHtR	Waist to height ratio; Taille-Größe-Verhältnis
WHO	World Health Organisation

1. Einleitung

1.1. Anthropometrie: Die Art und Weise der Beurteilung von Körperaufbau

Anthropometrie (aus griechisch „anthropos“=menschlich bzw. „metron“= Maß) ist die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der systematischen Beschreibung und Charakterisierung des menschlichen Körpers anhand reproduzierbar erfassbarer Parameter. Bereits Künstler antiker Zivilisationen beschäftigten sich intensiv mit äußerlichen Merkmalen des Menschen um schwer beschreibbare Eigenschaften wie Symmetrie und Ästhetik besser abbilden zu können. Die erste praktische Anwendung von anthropometrischen Messungen fand im 19. Jahrhundert statt. So revolutionierte die Arbeit von pariser Polizeioffizier Alphonse Bertillon die Personenidentifizierung und damit die gesamte Kriminalistik. Er erhob bei Straftätern diverse Körpermaße und hielt diese zusammen mit Profil- und Portraitaufnahmen auf Karteikarten fest (**Abbildung 1**). Auf diesem Wege gelang es ihm, mehrere rückfällige Straftäter zu identifizieren.

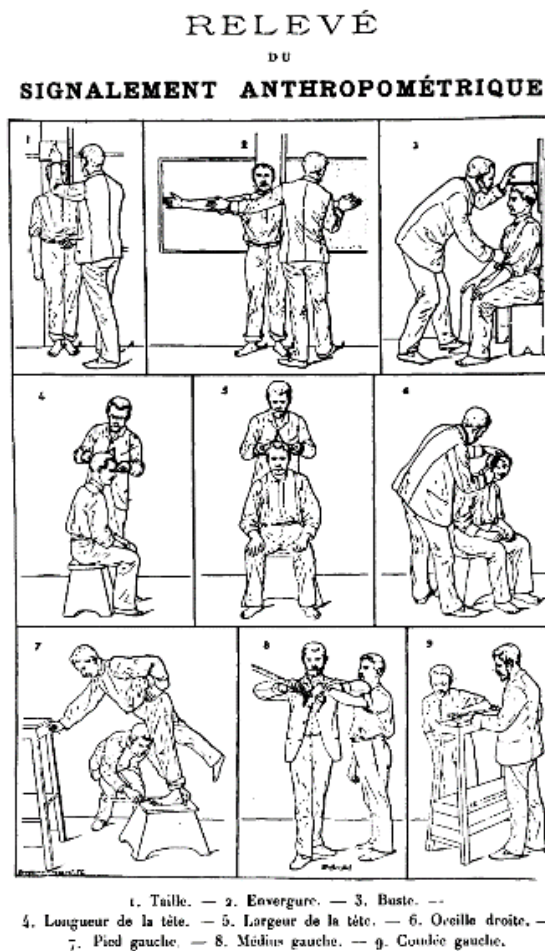


Abbildung 1: Schritt-für-Schritt Anleitung zur Durchführung Bertillons Vermessungen (aus dem Buch „Identification anthropométrique, instructions signalétiques“; 1885)

Seither setzten sich anthropometrische Methoden vielerorts durch und liefern für manche Branchen (Produktdesign, Arbeitsplatzgestaltung) essentielle Erkenntnisse.

Auch in der Medizin fand Anthropometrie im Laufe des 20. Jahrhunderts zunehmend Einzug und offenbarte Korrelationen zwischen Körpermaße und sozioökonomischem Status bzw.

Gesundheits- und Ernährungszustand. Das Zusammenführen von deskriptiver Anthropometrie und Sonographie mündete in die -mittlerweile zum Standard gewordene- pränatale Ultraschalldiagnostik. Die Einführung moderner radiologischer Untersuchungsmethoden (Computer- und Kernspintomographie) bietet die Möglichkeit, die oben genannten Zusammenhänge eingehend zu studieren und besser zu verstehen.

1.2. Klassische und alternative Methoden zur Erfassung der Körperkonstitution

1.2.1. Body Mass Index

Der Body Mass Index (Körpermassenindex; BMI) ist der meist verwendete Parameter in der klinischen Anthropometrie. Der BMI wird definiert als der Quotient aus Gewicht und Körpergröße zum Quadrat und wird in der Maßeinheit kg/m^2 angegeben. Nach seiner Erstbeschreibung Ende des 19. Jahrhunderts wurde der BMI in den 1970er Jahren im Rahmen von statistischen Auswertungen zur Eingruppierung größerer Populationen verwendet. Kaum ein Jahrzehnt später führte die Weltgesundheitsorganisation WHO die erste Klassifikation des Ernährungszustandes ein, die auf dem BMI basierte. Diese Einteilung wird -mit einigen Modifikationen- auch heutzutage verwendet (**Tabelle 1**). Später wurde der Parameter immer häufiger zur Beurteilung vom Körperaufbau bei Einzelpersonen herangezogen. So hielt er -trotz der unumstrittenen Limitationen- auch in der medizinischen Forschung Einzug. Abgesehen von der Tatsache, dass der BMI weder Alter noch Geschlecht berücksichtigt, kann er zwischen Fett- und Muskelgewebe nicht unterscheiden. Um eine differenziertere Charakterisierung der Körperkonstitution zu ermöglichen, suchte die anthropologische Forschung nach besseren Parametern.

Klassifizierung	BMI (kg/m^2)	Risiko für Komorbiditäten
Untergewicht	<18,5	niedrig
Normalgewicht	18,5 – 24,9	durchschnittlich
Übergewicht	$\geq 25,0$	
• Präadipositas	25 – 29,9	gering erhöht
• Adipositas	>30	
• Adipositas Grad I	30 – 34,9	erhöht
• Adipositas Grad II	35 – 39,9	hoch
• Adipositas Grad III	≥ 40	sehr hoch

Tabelle 1: Internationale Gewichtsklassifikation bei Erwachsenen anhand des BMI-Wertes; Komorbiditäten: Arterieller Hypertonus, Diabetes, Koronare Herzerkrankung; modifiziert nach WHO

1.2.2. Taillenumfang (waist circumference, WC) und Taille-Hüft-Verhältnis (waist-to-hip ratio, WHR)

Die Messung des Taillenumfangs bzw. das Verhältnis zwischen Taillen- und Hüftumfang bietet eine gute Alternative zur Abschätzung der zentralen Fettleibigkeit und des damit verbundenen kardialen Risikos. Einer großen Metaanalyse zufolge führt eine Zunahme der WC um 1 cm zu einer Erhöhung des relativen Risikos (RR) für kardiovaskuläre Ereignisse um 2%. Eine um 0,01 erhöhte WHR ist ebenfalls mit einem relevant erhöhten RR für kardiovaskuläre Ereignisse (5%; 95% CI: 4-7%) vergesellschaftet. (de Koning et al. 2007) Die EPIC-Studie mit Einschluss von nahezu 360.000 Personen fand nach Korrektur für BMI eine starke Assoziation zwischen WC, WHR und Todesrisiko. Das relative Risiko (RR) für Männer und Frauen in der höchsten WC-Quintile lagen bei 2.05 (95% CI, 1.80-2.33) bzw. 1.78 (95% CI, 1.56-2.04). In der höchsten WHR-Quintile betragen die entsprechenden RR 1.68 (95% CI, 1.53-1.84) bzw. 1.51 (95% CI, 1.37-1.66). (Pischon et al. 2008) Ein WC \geq 94 bei Männern bzw. \geq 80 bei Frauen identifiziert mit $>$ 96% Sensitivität und $>$ 97,5% Spezifität nicht nur Patienten mit einem BMI $>$ 25, sondern diejenigen auch, die bei einem normalen BMI ein hohes Taille-Hüft-Verhältnis aufweisen (größer oder gleich 0,95 bei Männern und 0,80 bei Frauen). (Lean, Han, and Morrison 1995) In einer großen, populations-basierten Kohortenstudie wurden BMI, WC und WHR hinsichtlich ihres prädiktiven Wertes verglichen hinsichtlich bei Atherosklerose. Von den drei Parametern zeigte WHR die stärkste Assoziation mit der Prävalenz von Atherosklerose. (See et al. 2007) Ebenfalls erwies sich WHR in zwei Langzeitstudien als ein vom BMI unabhängiger Prädiktor für die spätere Entwicklung von Diabetes, akutem Koronarsyndrom, Schlaganfall und Tod. (Lapidus et al. 1984; Ohlson et al. 1985)

1.2.3. Waist-to-height Ratio

Die Waist-to-height Ratio (WHtR) ist ein Index für das Verhältnis zwischen Taillenumfang und Körpergröße und errechnet sich als Quotient aus den zwei genannten Parametern. Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2008 untersuchte die Vorhersagekraft verschiedener anthropometrischer Parameter in Bezug auf Diabetes, Hypertonie, Dyslipidämie. In dieser Studie war die Vorhersagekraft von WHtR der des BMI deutlich überlegen, unabhängig vom Geschlecht. (Lee et al. 2008)

Eine große britische Studie analysierte Daten aus dem Register „National Diet and Nutrition Survey (NDNS)“ und fand ebenfalls eine bessere Korrelation zwischen WHtR und kardiovaskulären Risikofaktoren im Vergleich zu BMI. Gleichzeitig zeigte sich die bekannte Schwäche des BMI: Ein erheblicher Anteil der Patienten (35% der männlichen und 14% der weiblichen) hatten zwar einen normalen BMI (zwischen 18.5-25 kg/m²), die WHtR betrug allerdings $>$ 0,5 als Zeichen der zentralen Fettleibigkeit. Eine weitere Analyse zeigte, dass das kardiovaskuläre Risiko höher lag bei Patienten mit erhöhter WHtR und normaler BMI, als bei denen mit erhöhtem BMI und normaler WHtR (Ashwell and Gibson 2009)

Ähnliche Konsequenzen zog eine chinesische Arbeitsgruppe in einer Studie, im Rahmen derer die Vorhersagekraft von BMI, WHtR und Taillenumfang (Waist circumference, WC) in Bezug auf das kardiovaskuläre Risiko verglichen wurde. WHtR war dem WC in beiden Geschlechtern und dem BMI bei weiblichen Patienten signifikant überlegen. Als Cut-off-Wert für kardiovaskuläres Risiko haben die Autoren eine WHtR von 0,47 (bei Männern) bzw. 0,51 (bei Frauen) identifiziert. (Zhu et al. 2014)

1.2.4. Sagittaler abdominaler Diameter

Der sagittale abdominale Diameter (SAD) ist ein einfach erhebbarer Parameter für die abdominale Adipositas. SAD ist die Strecke zwischen vorderer und hinterer Körperbegrenzung auf Höhe des Beckenkamms. SAD hat den Vorteil, dass er mithilfe einer speziellen Schublehre bettseitig erhoben werden kann. Die Messung kann entweder im Stehen oder -häufiger- in Rückenlage erfolgen. Zwei große Querschnittsuntersuchungen in gemischten Populationen fanden einen mittleren SAD-Wert von 22,3 cm ($\pm 0,06$ cm) bzw. 23,2 cm (22,8–23,6 cm) für Männer und 21,3 cm ($\pm 0,06$ cm) bzw. 21,8 cm (21,5–22,1 cm) für Frauen. Des Weiteren zeigte sich eine positive Korrelation zwischen SAD und Alter. (Kahn, Gu, et al. 2014; Kahn, Rissanen, et al. 2014).

Im Gegensatz zum BMI existiert keinen allgemein anerkannten Cut-off-Wert für die Definition der abdominalen Adipositas. Allerdings hat sich die Aufteilung der zu untersuchenden Population auf Quartile und die Verwendung der oberen Quartile als Grenzwert als Standardvorgehen etabliert. In der oben zitierten nordamerikanischen Querschnittstudie lag dieser Cut-off-Wert bei 25,2 cm (25,8 cm für Männer, 24,7 cm für Frauen). Die Validität dieses Grenzwertes wird untermauert durch eine früher publizierte Studie, in der Triglycerid und High-Density-Lipoproteinspiegel bzw. Blutzuckerwerte signifikant erhöht waren bei einem SAD-Wert > 25 cm im Sinne eines erhöhten kardiovaskulären Risikos. (Pouliot et al. 1994)

Eine retrospektive Analyse untersuchte asymptomatische Männer mittleren Alters und zeigte, dass das Risiko des plötzlichen Herztodes mit SAD positiv korreliert war, unabhängig vom BMI bzw. bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren. (Empana et al. 2004)

1.2.5. Viszerales und subkutanes Fettgewebe (VAT/SAT)

Die Darstellung des Abdomens mittels Computertomographie ermöglicht eine genaue Quantifizierung des viszeralen Fettgewebes. Im überwiegenden Teil der Studien erfolgte die Messung im CT-Einzelschnitt auf Höhe von LWK 3/4 oder 4/5. CT-basierte Messtechniken besitzen eine sehr hohe Reproduzierbarkeit (Maurovich-Horvat et al. 2007).

Abdominales Fettgewebe wird anhand der anatomischen Lokalisation in zwei Kompartimente unterteilt: Das extraperitoneal liegende subkutane bzw. das intraperitoneale viszerale Fettgewebe (SAT/VAT). Dieser Aufteilung liegt die pathophysiologische Überlegung zugrunde, dass VAT, aufgrund seiner Nähe zum portalen Kreislauf bzw. hoher Lipolyserate den Blutzuckerhaushalt wesentlicher beeinflusst. VAT wird heutzutage als endokrines Organ angesehen, da es Adipocytokine bzw. diverse vasoaktive Substanzen sezerniert und dadurch den Metabolismus beeinflussen kann. (Matsuzawa 2006; Wajchenberg 2000) Es konnte gezeigt werden, dass erhöhtes viszerales Fettvolumen (mittels CT gemessen) einen unabhängigen Risikofaktor darstellt hinsichtlich kardiovaskulärer Ereignisse. (Fujimoto et al. 1999)

Einige Autoren postulieren, dass der geschlechtsspezifische Unterschied in der kardiovaskulären Mortalität auf das für die männliche Statur charakteristische erhöhte viszerale Fettvolumen zurückzuführen sei. (Lemieux et al. 1994)

Eine äußerst interessante Studie bei übergewichtigen Patienten, die einer elektiver Fettabmung (und damit quasi selektiver SAT-Entfernung) unterzogen worden waren, fand postinterventionell keine Verbesserung in Bezug auf Insulinresistenz bzw. kardiale Risikofaktoren, was die pathogene Wirkung von VAT untermauert. (Klein et al. 2004)

1.2.6. Methoden zur selektiven Messung der Muskelmasse

Die ersten Versuche zur selektiven Quantifizierung von Muskelmasse basierten auf der Bestimmung von Kreatinin im Urin. Kreatinin ist ein Abbauprodukt des Muskelproteins Kreatin und wird nach Metabolisierung renal ausgeschieden. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erschien die erste bahnbrechende Studie bezüglich der Korrelation zwischen Muskelmasse und Kreatininausscheidung (Bürger 1919). Die Validität dieser Methode konnte nach Einzug der Computertomographie in die klinische Forschung bestätigt werden. (Wang, Sun, and Heymsfield 1996)

Eine weitere Herangehensweise bietet die Bestimmung des Ganzkörperkalium- bzw. Stickstoffgehalts (TBK und TBN) mithilfe nuklearmedizinischer Methoden wie Ganzkörper-⁴⁰K-Messung bzw. Prompente-Gamma-Aktivierungs-Analyse. Cohn und Burkinshaw präsentierten entsprechende Modelle zur Berechnung der Muskelmasse (Cohn et al. 1980). Diese Methodik wurde im Rahmen von klinischen Studien unter Patienten mit Tumorcachexie angewandt. (Cohn et al. 1981; Burkinshaw 1990) Aufgrund methodischer Limitationen werden nuklearmedizinische Techniken heutzutage in dieser Indikation nicht mehr eingesetzt.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelten sich die mittlerweile gängigsten radiologischen Schnittbildgebungsverfahren: Die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie. Durch entsprechende Anpassung der Fensterung ist eine präzise Messung der Muskulatur möglich. Darüber hinaus sind Differenzierung und genaue Quantifizierung der einzelnen Muskelkompartimente auch möglich. Die am häufigsten verwendeten Parameter sind TMA (total muscle area) und LPA (lean psoas area). Mit der flächendeckenden Anwendung der Schnittbilddiagnostik kristallisierte sich die Wichtigkeit von Sarkopenie zunehmend heraus. Sarkopenie ist gekennzeichnet von einem Verlust von Muskelmasse begleitet durch eine verminderte Funktion aufgrund Umbauprozesse. Es sind vor allem ältere Patienten betroffen, allerdings kann Sarkopenie auch infolge von schweren, konsumierenden Erkrankungen auftreten. Die negative Auswirkung von Sarkopenie auf den perioperativen Verlauf gilt als belegt (Friedman et al. 2015; Hasselager and Gogenur 2014).

Des Weiteren existieren weitere Verfahren wie z.B. Bioimpedanzanalyse bzw. Ultraschall-basierte Techniken, die über die Quantifizierung des Muskelgewebes hinaus Informationen bezüglich dessen Eigenschaften (Zusammensetzung, etc.) liefern können.

1.3. Klinische Bedeutung der Körperkonstitution bei Traumapatienten

Eine retrospektive Studie aus den Vereinigten Staaten mit Daten von nahezu 150.000 Traumapatienten fand eine eindeutige Korrelation zwischen Übergewicht und schlechtem Outcome (Tod, akutes Nierenversagen, Wundinfektionen) bei beiden Geschlechtern. (Glance et al. 2014) Da die Körpergröße bei der Mehrheit der Patienten nicht bekannt war, konnte der BMI nicht berechnet werden; Stattdessen definierten die Autoren 6 Kategorien anhand des Körpergewichts.

Im selben Jahr wurde eine weitere Studie veröffentlicht, die neben dem Outcome weitere Merkmale des Unfallmechanismus untersuchte. Ein höherer BMI war mit einem längeren Krankenhausaufenthalt assoziiert. Interessanterweise zeigte aber eine Subgruppenanalyse unter Patienten mit Sturzereignissen eine niedrigere Mortalität bei übergewichtigen Patienten. Des Weiteren war die Rate an Schädel-Hirn-Trauma bei adipösen Patienten sowohl bei

Sturzereignissen als auch bei Verkehrsunfällen niedriger. (Osborne et al. 2014) Eine prospektive Untersuchung zeigte ein besseres 1-Jahres-Überleben nach traumatischer Hüftfraktur bei betagten Patienten (durchschnittliches Alter 82 Jahre) mit einem BMI > 26 kg/m². (Flodin et al. 2016)

Wenn die Einteilung nicht anhand des BMI, sondern der WHR erfolgte, wie in einer weiteren prospektiven monozentrischen Studie aus dem Jahr 2015, war der Auswirkung von Fettleibigkeit (WHR > 1) auf innerklinische Komplikationen bzw. Mortalität negativ; Gleichzeitig war die Korrelation zwischen BMI und WHR sehr schwach. (Joseph et al. 2015) Die Annahme liegt daher nahe, dass die CT-basierte Quantifizierung von Fett- und Muskelmasse entscheidende Erkenntnisse liefern könnte hinsichtlich der Rolle von pathologischem Körperaufbau bei Traumapatienten. Es konnte bereits gezeigt werden, dass Sarkopenie (definiert anhand Messung der Psoasmuskulatur) ein starker Prädiktor ist für die 6-Monats-Mortalität bei älteren Traumapatienten. (Leeper et al. 2016) Im Rahmen einer weiteren Studie wurde ebenfalls ein eindeutiger Zusammenhang zwischen niedriger Muskelmasse und schlechtem Outcome demonstriert, während BMI weder Überleben noch Beatmungsdauer bzw. Dauer des Intensivaufenthaltes vorhersagen konnte. (Moisey et al. 2013) Möglicherweise kann eine frühe Identifikation von solchen Risikopatienten zur Verbesserung des Outcomes beitragen.

1.4. Auswirkungen der Körperkonstitution bei kritisch kranken Patienten: Das „obesity paradox“

In einer 2013 publizierten Metaanalyse wurde eine positive Korrelation zwischen Fettleibigkeit und schlechter Prognose nach Trauma festgestellt. (Liu et al. 2013) Die Publikation löste eine rege Diskussion aus, da bei der post-hoc-Analyse jener Studien mit schwerverletzten, intensivtherapiebedürftigen Patienten dieser Zusammenhang nicht mehr nachweisbar war. (Lin 2014)

In der Vergangenheit berichteten mehrere Studien von einem besseren Outcome bei kritisch Kranken mit mildem Übergewicht im Vergleich zu normalgewichtigen Patienten. Dieses Phänomen wird als „obesity paradox“ bezeichnet, und wurde in diversen Patientenkollektiven demonstriert, unter anderem bei Herzinsuffizienz (Oreopoulos et al. 2008), akutem Koronarsyndrom (Niedziela et al. 2014) und chronischer obstruktiver pulmonaler Erkrankung (COPD) (Yamauchi et al. 2014). In den vergangenen Jahren entwickelte sich eine intensive Diskussion um diese Beobachtung. Es wird vermutet, das Fettgewebe durch die Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen die Immunantwort positiv beeinflussen kann. Des Weiteren könnten die erhöhten metabolischen Reserven adipöser Patienten mit einer Resistenz gegenüber krankheitsassoziierter Kachexie einhergehen, die bekanntermaßen einen negativen Effekt auf den Immunstatus hat.

Allerdings ist das Phänomen „obesity paradox“ durchaus umstritten. Beobachtungsstudien sind grundsätzlich nicht geeignet, Kausalität nachzuweisen – obwohl in vielen Arbeiten versucht wurde, durch multivariate Analyse möglichst vielen Störfaktoren Rechnung zu tragen.

Es gibt allerdings weitere Verzerrungseffekte, die die Ergebnisse wesentlich beeinflussen können.

Viele Experten argumentieren, dass ein (zu) guter Ernährungszustand eine direkte Folge eines besseren Gesundheitszustandes ist und nicht umgekehrt. Im Gegensatz dazu führen konsumierende chronische Krankheiten zu (unbeabsichtigtem) Gewichtsverlust. Es ist zweifelsfrei belegt, dass die Prävalenz von Alkohol- und Nikotinabusus bei schlanken Patienten erhöht ist.

Zudem ist es möglich, dass adipöse Patienten durch die charakteristische Eigenmedikation (e.g. Statintherapie) oder eine eventuell großzügigere Indikationsstellung zur Intensivtherapie einen Benefit erfahren.

Die Studien, in denen das „obesity paradox“ nachgewiesen werden konnten, verwendeten die WHO-Klassifizierung anhand des BMI. Dieses Vorgehen wirft mehrere Probleme auf: Erstens, der BMI ist nicht geeignet für eine differenzierte Charakterisierung der Körperkonstitution, weshalb eventuell relevante Unterschiede hinsichtlich Fett- und Muskelmasse gar nicht berücksichtigt werden können. Zum anderen werden Körpergröße- und Gewicht bei kritisch Kranken oft nicht gemessen, sondern geschätzt. Dabei kommt es zu Über- und Unterschätzung dieser Parameter, was wiederum zu einem relevanten Bias führen kann.

1.5. Ziel der Arbeit

Ziel der aktuellen Studie war einerseits die Validierung einer CT-basierten Messmethodik zur Bestimmung anthropometrischer Daten in einer heterogenen Kohorte von polytraumatisierten Erwachsenen.

Im zweiten Teil der Studie wurde der Zusammenhang zwischen den mithilfe der dargestellten Methodik erhobenen anthropometrischen Determinanten und klinischen Merkmale der präklinischen und innerklinischen Versorgung untersucht.

2. Material und Methode

2.1. **Patientenkollektiv**

In meiner Arbeit analysierte ich retrospektiv die Daten jener polytraumatisierten Patienten, die zwischen 01.01.2008 und 31.05.2014 am Standort Großhadern des Klinikums der Universität München aufgenommen, im Rahmen der Schockraumversorgung einer CT-Diagnostik („Traumaspirale“) zugeführt und im Anschluss auf eine Intensiv- oder IMC-Station aufgenommen worden sind. Im Rahmen der Validierung des Bildverarbeitungprozesses wurden die Daten aller Patienten analysiert, die unseren Schockraum mit der Aufnahmediagnose Polytrauma erreichten, unabhängig vom tatsächlich vorliegenden Verletzungsmuster. Im zweiten Teil der Studie erfolgte die Suche nach Korrelationen zwischen anthropometrischen Determinanten und klinischem Verlauf. Für diesen Teil der Studie wurden die Einschlusskriterien allerdings verschärft: Es wurden nur diejenigen Patienten berücksichtigt, die mindestens in zwei Körperregionen Verletzungen hatten, von denen mindestens eine Verletzung einen AIS-Schweregrad von ≥ 2 aufwies und auf einer Intensivstation behandelt wurden. Patienten mit schwerer Kopf- oder Rückenmarksverletzung (AIS Kopf bzw. AIS Rückenmark > 3) wurden bei den Analysen bezüglich Beatmungsdauer, ICU-Aufenthalt und Outcome ausgeschlossen.

Das Patientenkollektiv entstand durch die Zusammenführung von Daten aus verschiedenen Datenbanken: Als Grundlage diente das klinikinterne Verzeichnis der chirurgischen Klinik mit den Daten sämtlicher, über den Schockraum aufgenommenen verunfallten Patienten. Im ersten Arbeitsschritt wurden jene Patienten herausgefiltert, die die oben genannten Einschlusskriterien erfüllt haben. Im nächsten Schritt rief ich die patientenbezogene TraumaRegister-Akte und den Aufnahme-Laborbefund ab und fasste die entsprechenden Daten in einer Tabelle zusammen. Die radiologische Patientenakten wurden anonymisiert durch das Institut für klinische Radiologie bereitgestellt. Zur zweifelsfreien Zuordnung der korrekten CT-Bilder diente der sekundengenaue Zeitpunkt der CT-Untersuchung (welcher auch im Erfassungsbogen des DGU-Registers hinterlegt ist) als Identifikationsschlüssel, gleichzeitig ermöglichte uns dieses Vorgehen zunächst die Pseudonymisierung und nach Abschluss der Dateneingabe die Anonymisierung.

Vor Beginn des Forschungsvorhabens wurde die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU München konsultiert und ein zustimmendes Votum eingeholt (UE Nr. 71-15).

2.2. **Der TraumaRegister DGU®**

Der TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) ist eine 1993 gegründete, zentrale Datenbank von schwerverletzten Patienten. Über eine webbasierte Applikation werden relevante Daten polytraumatisierter Patienten erfasst und pseudonymisiert gespeichert. Die Teilnahme steht allen medizinischen Einrichtungen offen, für Kliniken des TraumaNetzwerks der DGU ist die Dateneingabe verpflichtend. In den teilnehmenden Kliniken wird die Qualität der Dateneingabe im Rahmen der Audits zur Zertifizierung als Traumazentrum durch die DGU kontrolliert.

Im nächsten Abschnitt werden die für die Studie relevanten Registerdaten dargestellt.

2.2.1. **Einschlusskriterien**

Die Patientendaten werden in den folgenden drei Fällen im Register erfasst:

1. Zugang über den Schockraum mit Weiterversorgung auf der Intensivstation

2. Zugang über den Schockraum, Tod vor Aufnahme auf Intensivstation
3. Verlegungen von Traumapatienten in eine Einrichtung höherer Versorgungsstufe

2.2.2. Die im Register erfassten Daten

Der Erhebungsbogen besteht aus fünf Bögen. Der erste Bogen beinhaltet die wichtigsten Basisdaten zum Patienten und Unfallhergang, die weiteren Bögen bilden den Krankheitsverlauf in chronologischer Reihenfolge ab.

Bogen S: Stammdaten

Zunächst werden Stammdaten (Geschlecht, Geburtsdatum) dokumentiert. Zudem werden Einzelheiten zum Unfall auf diesem Blatt erfasst. Der Unfallzeitpunkt wird minutengenau angegeben. Die Ursache kann aus vier Optionen ausgewählt werden: unbekannt (k.A.), Unfall, Verdacht und Gewaltverbrechen bzw. Suizid. Des Weiteren kann der Unfallmechanismus in drei Kategorien (unbekannt, stumpf, penetrierend) unterteilt werden. Der gesundheitliche Zustand des Patienten vor dem Unfall wird nach den Kriterien der American Society of Anaesthesiologists (ASA) klassifiziert. Das ASA-Scoring-System unterscheidet 6 Kategorien, ein höherer Punkt bedeutet einen schlechteren gesundheitlichen Zustand.

Ein Abschnitt befasst sich mit der Unfallart. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist, ob der Patient die Einrichtung, in der die Daten erfasst werden, primär, oder im Rahmen einer Zuverlegung erreicht. Im letzteren Fall entfällt der Teil „Prälinik“, da dieser bereits im erstversorgenden Krankenhaus erfasst wurde.

Bogen A: Prälinik

In diesem Abschnitt werden folgende Aspekte der präklinischen Patientenversorgung eingegeben:

1. Rettungszeiten
2. Vitalzeichen bei Eintreffen des Notarztes
 - a. Nichtinvasiv gemessener Blutdruck
 - b. Puls
 - c. Atemfrequenz
 - d. Sauerstoffsättigung
3. Therapiemaßnahmen während der präklinischen Versorgung
4. Schweregradbeurteilung anhand des NACA-Scoring-Systems (National Advisory Committee for Aeronautics, Skala von NACA Grad 0 = keine Verletzungen bis NACA Grad VII = tödliche Verletzung)

Bogen B: Schockraum- und OP-Phase

Die auf dieser Seite einzugebenden Parameter können in folgende Punkte zusammengefasst werden:

1. Vitalzeichen bei Ankunft im Schockraum
2. Base Excess in der Point-of-Care Diagnostik
3. Volumentherapie: Es werden sowohl Kristalloide/Kolloide als auch Blutprodukte dokumentiert
4. Therapiemaßnahmen im Schockraum: Herzdruckmassage oder (Re)Intubation
5. Operative Notfalleingriffe bis Aufnahme auf die Intensivstation
6. Zeitpunkt der Weiterverlegung

Bogen C: Intensivstation

Auf diesem Bogen werden u.a. Dauer der Intensivtherapie bzw. maschinellen Beatmung in Tagen angegeben. Des Weiteren wird angegeben, ob während der Intensivtherapie eine der folgenden Komplikationen aufgetreten ist:

Organversagen (ja/nein Variable)

Ob ein Organversagen vorliegt, wird anhand des SOFA-Scoring-Systems ermittelt. Ein Organversagen liegt definitionsgemäß bei einem Anstieg des organspezifischen SOFA-Score auf einen Wert ≥ 3 vor. Zudem muss der erhöhte Score an mindestens 2 Tagen vorliegen.

Die organspezifischen Cut-off-Werte für einen SOFA-Score von mindestens 3 sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

- Lungenfunktion bzw. Gasaustausch: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ mmHg trotz Beatmung.
- Hämodynamik: Katecholamindosis: Dopamin > 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ min ODER jegliche Adrenalin-/Noradrenalin-Gabe.
- Gerinnung: Thrombozyten $< 50.000/\mu\text{l}$ bzw. 50 gpt/l.
- Leber: Bilirubin $\geq 6,0$ mg/dl
- Niere: Kreatinin $\geq 3,5$ mg/dl oder Urinmenge pro Tag < 500 ml/Tag.
- ZNS: Glasgow Coma Scale (GCS) ≤ 9 Punkte.

Multiorganversagen (MOV; ja/nein Variable)

Ein MOV liegt vor, wenn für mindestens zwei Tage ein Organversagen von mindestens zwei Organsystemen gleichzeitig besteht.

Sepsis (ja/nein Variable)

Es wurden die Kriterien der „Sepsis-2“-Definitionen verwendet. Laut dieser liegt eine Sepsis vor, wenn der Patient eine positive Blutkultur produziert und gleichzeitig mindestens zwei der sogenannten „SIRS-Kriterien“ (Systemic Inflammatory Response Syndrom) erfüllt werden. Diese sind:

- Fieber ($\geq 38,0$ °C) oder Hypothermie ($\leq 36,0$ °C)
- Tachykardie (Herzfrequenz $\geq 90/\text{min}$)
- Tachypnoe (Frequenz $\geq 20/\text{min}$) oder Hyperventilation (bestätigt durch Abnahme einer arteriellen Blutgasanalyse mit $\text{PaCO}_2 \leq 4,3$ kPa bzw. 33 mmHg)
- Leukozytose ($\geq 12.000/\text{mm}^3$) oder Leukopenie ($\leq 4.000/\text{mm}^3$) oder mehr als 10 % unreife Neutrophile im Differenzialblutbild.

Bogen D: Diagnosen und Zustand bei Entlassung

Zur Erfassung des Verletzungsmusters wird der AIS-Score (Abbreviated Injury Scale, Version 2008) herangezogen. Jede Verletzung wird einer der 9 Körperregionen zugeordnet, außerdem wird der Schweregrad auf einer Skala zwischen 1-6 (+Klasse 9: nicht genauer angegeben) beurteilt. Des Weiteren wurde der AIS-Wert der am schwersten betroffenen Körperregion als AIS Max bezeichnet und zur Beurteilung der Verletzungsschwere verwendet. (**Tabelle 2-3**)

AIS-Code	Körperregion
1	Kopf (ohne Gesicht und Gesichtsschädel)
2	Gesichtsschädel, Gesicht (einschließlich Augen und Ohren)
3	Hals (ohne Wirbelsäule)
4	Brustkorb
5	Bauchraum
6	Wirbelsäule
7	Arme (einschließlich Schulter)
8	Beine (einschließlich Hüfte und Beckenknochen)
9	Äußere und andere Verletzungen

Tabelle 2: Die AIS-Körperregionen

AIS-Code	Verletzungsschwere
1	Gering
2	Ernsthaft
3	Schwer
4	Sehr schwer
5	Kritisch
6	Maximal
9	Nicht genauer angegeben

Tabelle 3: Die Einteilung der Verletzungsschwere

Abschluss

Die Beurteilung des Outcome erfolgt anhand des (primär für Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma entwickelten) Glasgow-Outcome-Scale:

Grad 1: Tod

Grad 2: Persistierender vegetativer Zustand

Grad 3: Schwere Behinderung (bei Bewusstsein, aber behindert und auf Hilfe angewiesen)

Grad 4: Mäßige Behinderung (behindert, aber unabhängig)

Grad 5: Gute Erholung

2.3. Laborchemische Parameter

Die patientenbezogenen Laborbefunde wurden anhand von Fallnummer und/oder Geburtsdatum vom Server des Instituts für Laboratoriumsmedizin abgerufen. Die erste Blutabnahme nach Aufnahme im Schockraum wurde identifiziert und für die Dateneingabe verwendet. Falls einer der Parameter nicht im Aufnahmelabor, sondern erst verzögert bestimmt worden war, wurde dieser nur berücksichtigt, wenn die zweite Blutabnahme innerhalb von max. 3 Stunden erfolgte. Die erfassten Parameter sind in der untenstehenden **Tabelle 4** aufgeführt.

Parameter	Einheit
Serum Glukose	mg/dl
Kreatinin	mg/dl
C-reaktives Protein	mg/dl
Gesamt-Kreatinkinase	U/l
Leukozytenzahl	G/l
Hämoglobin	g/dl

Tabelle 4: Laborparameter

2.4. Bildgebung- und Verarbeitung

2.4.1. CT-Diagnostik

Im Rahmen der initialen Schockraumversorgung wurden die Patienten in Rückenlage gemäß eines standardisierten Scanningprotokolls einer 256-Zeilen Dual-Source-Computertomographie unterzogen. Es erfolgte zunächst die venöse Gabe von 120 ml Kontrastmittel (Imeron 350; Bracco SpA, Milan, Italy) gefolgt von 100 ml NaCl 0,9% als Trägerlösung. Die Untersuchung beinhaltete einen nativen Scan des Schädels, außerdem wurden Schädel, Hals, Thorax und Abdomen in der arteriellen, bzw. Abdomen und untere Extremitäten (je nach Unfallmechanismus) in der venösen Phase dargestellt. Im Bildverarbeitungsprozess wurden die 5-mm-Sequenzen der venösen Phase benutzt. Der sekundengenaue Zeitpunkt der CT-Diagnostik ermöglichte die problemlose Anonymisierung bzw. sichere Zuordnung der CT-Sequenzen zu den jeweiligen DGU-Registerakten.

2.4.2. Das OsirixMD-System

Das OsirixMD-System ist eine quelloffene digitale Bildverarbeitungssoftware der Firma Pixmeo. Das Programm ist durch mehrere Behörden (FDA, CE, ANVISA) zertifiziert. Die Anwendung läuft unter Mac OS-Betriebssystem sowohl auf PCs als auch auf mobilen Endgeräten. Nach Angaben von Pixmeo verzeichnet die Software aktuell etwa 400.000 Anwender von mehr als 170 Ländern, in ca. 170 000 Einrichtungen.

2.4.3. Ablauf der Bildanalyse

2.4.3.1. Identifikation der korrekten Schnittebene

Vor dem Beginn der Studie wurden die Mitglieder der Arbeitsgruppe durch einen Facharzt für Radiologie geschult, mit Fokus auf dem Umgang mit dem verwendeten Programm bzw. sicherem Aufsuchen der entsprechenden anatomischen Strukturen. Nach Identifikation der radiologischen Patientenakte anhand von Datum und Uhrzeit der CT-Diagnostik wurden die Sequenzen des abdominalen Scans (5mm Schichtdicke, venöse Phase) in Osirix geöffnet. Auf dem sagittalen Übersichtsbild wurde der inferoposteriore Rand des 3. Wirbelkörpers identifiziert und für die weitere Analyse wurde diese Schnittebene fixiert (siehe **Abbildung 2**).

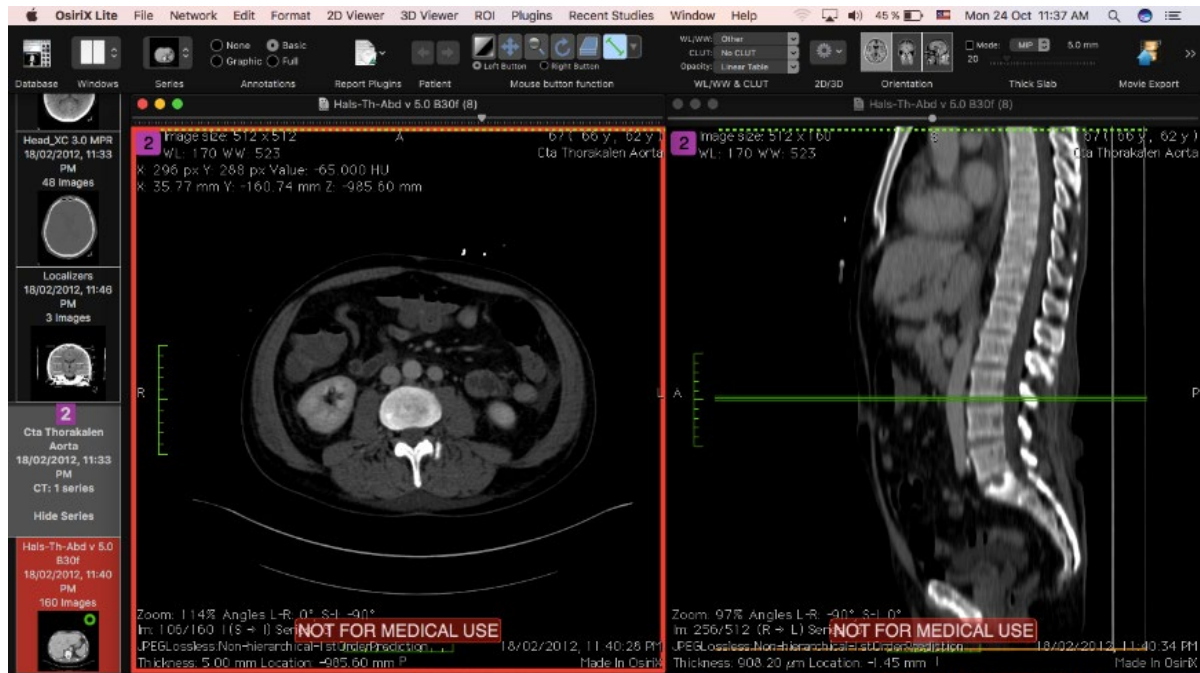


Abbildung 2: Bildanalyse: Auf einem Splitscreen wird die Höhe LWK 3-4 lokalisiert

2.4.3.2. Kernmuskulatur

Zur Erfassung von Muskelgewebe wurde das Hounsfield-Fenster zwischen -30 und +150 HU gesetzt. Es wurden planimetrisch zwei Flächen bestimmt: Psoasmuskulatur (Lean psoas area, LPA) und Gesamtmuskulatur (Total muscle area, TMA) (**Abbildungen 4-5**). Darüber hinaus wurden die maximalen sagittalen bzw. coronaren Durchmesser der Mm. Psoas (Jones et al. 2015; Kim et al. 2014) und -als neue Variable- der Mm. Erector spinae beidseits gemessen. Die Durchmesser der einzelnen Muskeln wurden miteinander multipliziert und es wurden zwei Variablen erstellt:

$MP_{tot} = (MP_{sagittal\ rechts} \times MP_{coronar\ rechts}) + (MP_{sagittal\ links} \times MP_{coronar\ links})$

$MP/MES_{tot} = (MP_{tot}) + (MES_{sagittal\ rechts} \times MES_{coronar\ rechts}) + (MES_{sagittal\ links} \times MES_{coronar\ links})$

Alle Angaben sind in cm^2 .

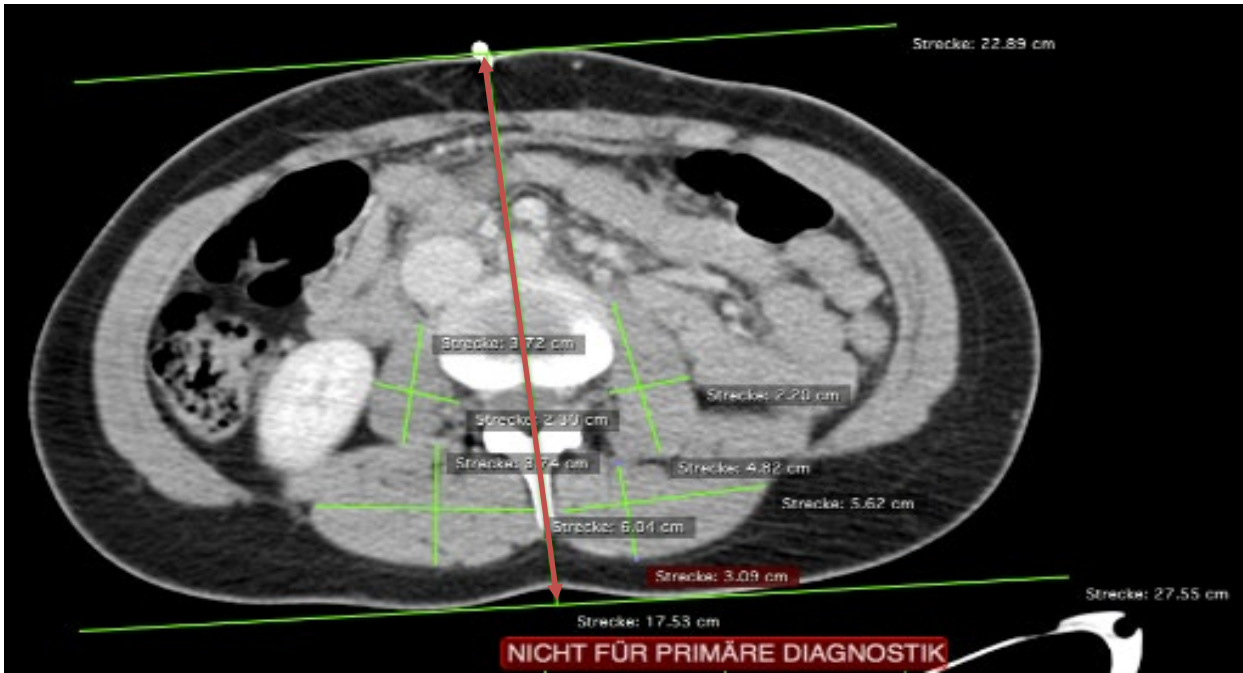


Abbildung 3: Diametrische Messungen der Kernmuskulatur inklusive Bestimmung des SAD (roter Pfeil)



Abbildung 4: Planimetrische Messung der Mm. Psoas



Abbildung 5: Messung der Gesamtmuskulatur (TMA)

2.4.3.3. Abdominales Fettgewebe

Im zweiten Schritt wurden folgende Kompartimente des abdominalen Fettgewebes ausgemessen: Subkutanes Fettgewebe (SAT) und viszerales Fettgewebe (VAT). Der Hounsfield-Fensterbereich lag bei diesen Messungen zwischen -195 und – 45 HU. Diese zwei Kompartimente wurden anhand eines halbautomatisierten „Tracking“-Prozesses selektiv umfahren. Nach einer manuellen Korrektur wurde das jeweilige Kompartiment quantifiziert (siehe **Abbildungen 6-7**). SAT und VAT wurden summiert zum abdominalen Gesamtfett (total abdominal adipose tissue – AATtot). Die Werte sind in cm² angegeben. Des Weiteren wurde in der Mittellinie die anteroposteriore Strecke des Abdomens (sagittaler abdominaler Durchmesser - SAD) in cm bestimmt.

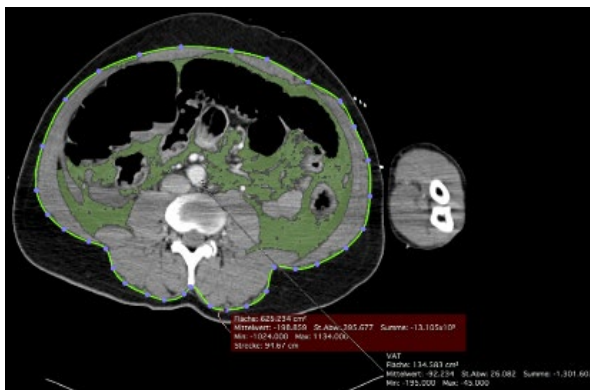


Abbildung 6: Messung des viszeralen Fettgewebes (VAT)



Abbildung 7: Messung des subkutanen Fettkompartiments (SAT)

2.4.4. Validierung des Prozesses

50 Messungen wurden zur Validierung der Methodik von vier Personen unabhängig durchgeführt. Zur sicheren Identifikation des Intervertebralraumes L3/L4 erfolgte zuvor eine Schulung durch einen Facharzt für Radiologie. Sowohl die gewebespezifischen Hounsfield-Bereiche (Muskelgewebe: -30 - +150; Fettgewebe: -195 - – 45 HU) als auch die halbautomatisierte Einzelschicht-Messungen wurden im Rahmen früherer Studien validiert (Irlbeck et al. 2010)

Jeder Untersucher erhob zunächst die oben genannten anthropometrischen Parameter bei 50 zufällig ausgewählten Patienten. Die Ergebnisse wurden zur Beurteilung der Interobserver-Reliabilität analysiert. Um die Intraobserver-Reliabilität zu beurteilen, wurde nach einem Intervall der Untersuchungsgang von allen vier Personen unabhängig bei den gleichen 50 Patienten wiederholt.

2.5. Software und Statistik

2.5.1. Software

Die Erfassung bzw. Zusammenführung aller Daten erfolgte mithilfe des Programms Microsoft Office Excel (Version 2010) Die anthropometrischen Messungen wurden in der DICOM-Software OsiriX™ (OsiriX Lite; Pixmeo, Genf, Schweiz) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm R (Version 3.0.1.).

2.5.2. Statistische Methoden

Die Beurteilung der Inter- und Intraobserver-Reliabilität erfolgte mithilfe des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (intraclass correlation coefficient - ICC). Zur Schätzung der ICC für die Intraobserver-Reliabilität wurde die Messungen von zwei verschiedenen Zeitpunkten verwendet gemäß der Methodik von Nesterov et al. (Nesterov et al. 2014). Dieser Arbeit zufolge bietet die Untersuchung der gleichen Scans durch eine Stichprobe von Untersuchern (in unserer Arbeitsgruppe 4) zu verschiedenen Zeitpunkten (in unserem Fall 2) ein angemessenes Verfahren zur Evaluation der Intraobserver-Reliabilität. Des Weiteren wurden die individuellen Intraobserver-Reliabilitäten berechnet. Hierfür wurden die ICC-Werte und deren 95%-Konfidenzintervalle für jeden einzelnen Untersucher mithilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse berechnet. (Shrout and Fleiss 1979; Nesterov et al. 2014)

Zur Beurteilung der Interobserver-Reliabilität wurden ICC bzw. 95% Konfidenzintervall für die ICC anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse berechnet mit Verwendung der Messungen der vier Untersucher zum ersten Messzeitpunkt. Eine angemessene ICC-Schätzung ist gewährleistet, wenn jeder Untersucher einer ausgewählten Untersucher-Stichprobe jeden Scan einer ebenfalls zufällig ausgewählten Scanserie auswertet. (Shrout and Fleiss 1979) Ein Ergebnis wurde bei Werten mit $p < 0.05$ als statistisch signifikant angesehen.

Im Teil I wurde zur Analyse der Differenzen bei Messungen zwischen Patienten über und unter 65 Jahre der Welch-Test verwendet. Im Teil II wurden die Zusammenhänge zwischen anthropometrischen Eigenschaften und Alter mittels Wilcoxon-Rangsummentest bzw. Welch-Test analysiert. Des Weiteren wurden multivariate Regressionsanalysen durchgeführt. Das Ziel war bei jeder Hypothese den wichtigsten beeinflussenden Faktoren Rechnung zu tragen. Der Einfluss wurde schließlich durch t-Test analysiert. Ein Ergebnis wurde bei Werten mit $p < 0.05$ als statistisch signifikant angesehen.

Für die demographischen Daten im Teil II berechneten wir den Mittelwert und die Standardabweichung für kontinuierliche Variablen und den Median- und Interquartilabstand, wenn Ausreißer vorhanden waren oder wenn die Verteilung stark verzerrt war. Für diskrete Variablen haben wir die absoluten und relativen Häufigkeiten berechnet. Um die lineare Abhängigkeit zwischen Variablen zu messen, verwendeten wir lineare Modelle, wenn die abhängige Variable stetig war, und fügte andere mögliche Kovariaten hinzu. Bei Zeitvariablen der Dauer (Beatmungszeit, Dauer der Intensivtherapie) haben wir eine Log-Transformation der Variablen verwendet, um die Normalitätsannahme zu erfüllen. Bei binären abhängigen Variablen haben wir die logistische Regression verwendet und andere mögliche Kovariaten aufgenommen.

Die Variablen der Fettleibigkeit (SAD / SAT / VAT / SAT + VAT) und der Muskelmasse (TMA) wurden als rohe unabhängige Variablen in die Modelle aufgenommen um so viele

Informationen wie möglich zu erhalten. Für jede der Variablen wurde ein Modell angepasst, um die verschiedenen Einflüsse der Parameter zu vergleichen.

3. Ergebnisse

3.1. Teil I: Validierung der Technik des Bildverarbeitungsprozesses

3.1.1. Demographische Daten

Die initial untersuchte Kohorte bestand aus 490 Patienten, 347 männlich, 143 weiblich. Das durchschnittliche Alter betrug 41 Jahre. 281 männliche Patienten fielen unter der Altersgrenze von 65 Jahre, 66 Patienten waren 65 Jahre oder älter. In der weiblichen Gruppe betrug dieses Verhältnis 100/43.

Sowohl die planimetrischen als auch diametrischen Muskelparameter (TMA, LPA, MP, MP/MES_{tot}) waren signifikant niedriger bei Patienten über 65 Jahre unabhängig vom Geschlecht, nur bei MES_{tot} in weiblichen Patienten war der Unterschied nicht signifikant ($p = 0.27$). Zudem zeigten alle Patienten älter als 65 höhere VAT, AAT_{tot}, und SAD-Werte. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf SAT zwischen älteren (≥ 65) und jüngeren männlichen Patienten.

($p = 0.70$). In **Tabelle 5** sind die statistischen Merkmale nach Geschlecht und Altersgruppe separat aufgeführt.

	All (n = 490)	Male (n = 347, 70.8%)				Female (n = 143, 29.2%)			
		all	age <65	age ≥ 65	p value	all	age <65	age ≥ 65	p value
Age, years	46.3 \pm 20.9	45.5 \pm 19.8	38.4 \pm 14.2	75.9 \pm 6.9	–	48.1 \pm 23.4	35.3 \pm 14.4	77.9 \pm 8.2	–
SAT, cm ²	179.0 \pm 111.4	169.5 \pm 104.9	168.6 \pm 110.3 ^a	173.2 \pm 77.9 ^a	0.70	202.1 \pm 123.4	190.0 \pm 129.8 ^a	230.8 \pm 102.3 ^a	0.049
VAT, cm ²	105.0 \pm 99.2	120.9 \pm 100.9	100.5 \pm 89.0	207.6 \pm 103.4	<0.001	66.2 \pm 83.4	39.8 \pm 52.5	129.2 \pm 107.2	<0.001
AAT _{tot} , cm ²	284.0 \pm 179.8	290.4 \pm 180.0	269.2 \pm 180.2	380.7 \pm 149.5	<0.001	268.3 \pm 178.8	229.8 \pm 165.3	360.0 \pm 178.0	<0.001
LPA, cm ²	31.2 \pm 9.9	34.4 \pm 9.0	35.4 \pm 8.8	29.9 \pm 8.1	<0.001	23.7 \pm 7.9	25.5 \pm 8.2	19.7 \pm 5.0	<0.001
TMA, cm ²	172.5 \pm 40.6	187.6 \pm 33.3	193.0 \pm 30.0	164.7 \pm 37.1	<0.001	135.8 \pm 32.6	143.8 \pm 32.8	117.3 \pm 23.5	<0.001
MP _{tot} , cm ²	26.9 \pm 8.2	29.7 \pm 7.2	30.7 \pm 7.0	25.5 \pm 6.9	<0.001	20.2 \pm 6.4	21.9 \pm 6.5	16.3 \pm 3.9	<0.001
MP/MES _{tot} , cm ²	94.3 \pm 21.5	101.6 \pm 18.8	103.9 \pm 17.9	92.0 \pm 19.5	<0.001	76.4 \pm 16.9	79.0 \pm 16.3	70.5 \pm 17.0	0.007
MES _{tot} , cm ²	63.0 \pm 14.5	67.3 \pm 13.4	68.5 \pm 12.8	62.1 \pm 14.5	0.002	52.7 \pm 11.8	53.5 \pm 10.4	50.8 \pm 14.4	0.272
SAD, cm	22.0 \pm 4.2	22.5 \pm 4.2	21.9 \pm 4.1	25.1 \pm 3.7	<0.001	20.7 \pm 4.0	19.7 \pm 3.5	22.9 \pm 4.1	<0.001

AAT, abdominal adipose tissue; LPA, lean psoas area; MES, mm. erector spinae; MP, m. psoas; SAD, sagittal abdominal diameter; SAT, subcutaneous adipose tissue; TMA, total muscle area; VAT, visceral adipose tissue. p values refer to the comparison of age groups within each sex. ^aThe difference between <65 and ≥ 65 was not significant for SAT for both sexes ($p = 0.76$, $p = 0.07$). All other variables (VAT, AAT_{tot}, LPA, TMA, MP_{tot}, MP/MES_{tot}, MES_{tot}, SAD) were significantly different for both sexes ($p < 0.01$).

Tabelle 5: Verteilung der anthropometrischen Parameter nach Geschlecht und Alter, mit Mittelwert und SD (Irlbeck et al. 2018)

3.1.2. Intraobserver-Reliabilität

Die planimetrischen Messungen vom selben Untersucher zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten zeigten eine hervorragende Übereinstimmung mit ICC-Werten zwischen 0.947 und 0.997.

Bei den diametrischen Muskelparametern war die Korrelation etwas schwächer (ICC 0.851 - 0.995). Im Gegensatz dazu fand sich bei der diametrischen Messung des abdominalen Fettgewebes (SAD) wieder eine ausgezeichnete Korrelation (ICC 0.995). Die entsprechenden ICC-Werte und 95%-Konfidenzintervalle sind in Tabelle 6 aufgeführt.

3.1.3. Interobserver-Reliabilität

Betrachtet man die Korrelation zwischen den Messungen verschiedener Untersucher, zeichnen sich ähnliche Trends ab. Die Interobserver-Reliabilität war bei planimetrischen Messungen sehr hoch mit einer ICC-Spannbreite von 0.850 (LPA)- 0.998 (AAT_{tot}), wobei der zweitniedrigste ICC-Wert auch 0.943 betrug (TMA).

Unter den diametrischen Messungen, zeigte SAD den höchsten ICC-Wert (0.971); Die schwächste Korrelation war bei MP_{tot} zu finden (0.833). Die detaillierten Ergebnisse inklusive 95%-Konfidenzintervalle sind in **Tabelle 6** aufgeführt.

Variable	Interobserver reliability (ICC and 95% CI)	Intraobserver reliability				
		ICC	reader-specific intraobserver reliability (ICC and 95% CI)			
			reader 1	reader 2	reader 3	reader 4
MP _{tot}	0.833 (0.748–0.895)	0.914	0.912 (0.851–0.949)	0.886 (0.809–0.934)	0.968 (0.945–0.892)	0.983 (0.970–0.990)
MES _{tot}	0.845 (0.775–0.900)	0.851	0.734 (0.576–0.840)	0.929 (0.879–0.959)	0.950 (0.914–0.971)	0.964 (0.938–0.980)
LPA	0.850 (0.681–0.924)	0.947	0.956 (0.925–0.975)	0.942 (0.901–0.967)	0.964 (0.937–0.979)	0.990 (0.983–0.994)
TMA	0.943 (0.915–0.965)	0.963	0.988 (0.980–0.993)	0.933 (0.885–0.961)	0.993 (0.987–0.996)	0.990 (0.982–0.994)
SAD	0.971 (0.866–0.989)	0.995	0.996 (0.993–0.998)	0.995 (0.992–0.997)	0.996 (0.994–0.998)	0.999 (0.998–0.999)
SAT	0.989 (0.982–0.993)	0.995	0.998 (0.997–0.999)	0.996 (0.993–0.998)	0.998 (0.996–0.999)	0.999 (0.998–0.999)
VAT	0.994 (0.989–0.996)	0.997	0.995 (0.991–0.997)	0.997 (0.995–0.998)	0.999 (0.999–1.000)	0.999 (0.998–0.999)
AAT _{tot}	0.998 (0.996–0.999)	0.997	0.997 (0.995–0.998)	0.998 (0.996–0.999)	0.999 (0.999–1.000)	0.999 (0.999–1.000)

AAT, abdominal adipose tissue; CI, confidence interval; ICC, intraclass correlation coefficient; LPA, lean psoas area; MES, mm. erector spinae; MP, m. psoas; SAD, sagittal abdominal diameter; SAT, subcutaneous adipose tissue; TMA, total muscle area; VAT, visceral adipose tissue.

Tabelle 6: Intra- und Interobserver-Reliabilität bei den analysierten Muskel- und Fettparameter (Irlbeck et al. 2018)

3.2. Teil II: Analyse der Auswirkungen von Sarkopenie und Adipositas auf den klinischen Verlauf

3.2.1. Demographische Daten

In der untersuchten Zeitspanne zwischen Januar 2008 und Mai 2014 konnte 297 Patienten identifiziert werden, die die verschärften Einschlusskriterien erfüllt haben. Die Kohorte setzte sich zusammen aus 220 (74%) männlichen und 77 (26%) weiblichen Patienten, das durchschnittliche Alter betrug 45 (± 20) Jahre. Die überwiegende Mehrheit der Patienten erlitt einen Verkehrsunfall ($N = 197$; 66%), ein weiterer relevanter Unfallmechanismus waren Sturzereignisse ($N = 87$; 29%). 85% der Patienten hatten Verletzungen in mindestens 3 Körperregionen. Die **Tabellen 7-8** bzw. **Diagramme 8-9** zeigen Verletzungsmuster- und schwere bzw. Verteilung des Outcomes.

	ALLE	MÄNNLICH	WEIBLICH	ALTER ≥ 65	OBESE	SARCOPENIE	P-WERT
KOPF	1.8 \pm 1.7	1.8 \pm 1.7	2 \pm 1.8	2.1 \pm 1.6	1.4 \pm 1.4	1 \pm 0	0.022
GESICHT	0.5 \pm 0.8	0.5 \pm 0.8	0.6 \pm 0.9	0.4 \pm 0.8	0.4 \pm 0.7	0.8 \pm 0.4	0.182
HALS	0.1 \pm 0.5	0.1 \pm 0.6	0.1 \pm 0.3	0 \pm 0.3	0.1 \pm 0.4	0 \pm 0	0.479
THORAX	2 \pm 1.5	1.9 \pm 1.6	2 \pm 1.5	2 \pm 1.5	2.2 \pm 1.4	0.7 \pm 1.3	0.503
ABDOMEN	0.7 \pm 1.3	0.7 \pm 1.2	1 \pm 1.5	0.6 \pm 1.1	0.6 \pm 1.1	0 \pm 0	0.893
RÜCKENMARK	1 \pm 1.4	1.1 \pm 1.4	0.7 \pm 1.2	1 \pm 1.3	1.2 \pm 1.4	0.7 \pm 1.3	0.158
ARME	1 \pm 1	1 \pm 1	1 \pm 1	0,9 \pm 1	0,7 \pm 1	1,5 \pm 0,8	0.392
BEINE	1.6 \pm 1.5	1.5 \pm 1.5	1.6 \pm 1.5	1.2 \pm 1.5	1.3 \pm 1.5	0 \pm 0	0.869
ANDERE	0 \pm 0.2	0 \pm 0.2	0 \pm 0	0 \pm 0.1	0 \pm 0.1	0 \pm 0	0.140
AIS MAX	3.5 \pm 1	3.5 \pm 1	3.4 \pm 1.1	3.3 \pm 1	3.3 \pm 0.9	2.2 \pm 0.4	0.850
GCS	12.5 \pm 4	12.5 \pm 4.1	12.5 \pm 3.7	12.3 \pm 3.9	13.2 \pm 3.5	15 \pm 0	0.969
UNFALLSTELLE							

Tabelle 7: Verletzungsschwere nach AIS-Körperregionen bzw. GCS am Unfallort, mit Mittelwert und SD

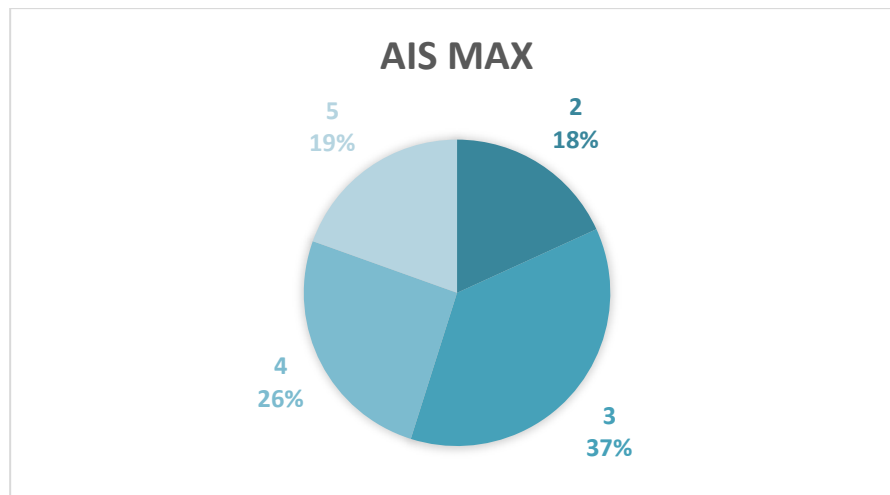


Abbildung 8: Verletzungsschwere anhand des maximalen AIS-Scores. Die entsprechenden AIS-Ziffer: 2=ernsthaft 3=schwer 4=sehr schwer 5=kritisch

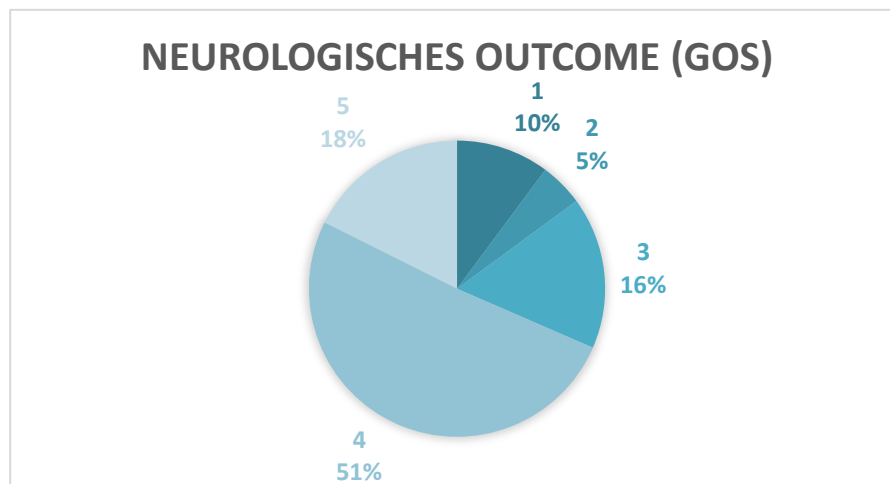


Abbildung 9: Neurologisches Outcome, gemessen anhand des Glasgow Outcome Scale (Fehlwerte: 2)

Grad 1: Tod

Grad 2: Persistierender vegetativer Zustand

Grad 3: Schwere Behinderung (bei Bewusstsein, aber behindert und auf Hilfe angewiesen)

Grad 4: Mäßige Behinderung (behindert, aber unabhängig)

Grad 5: Gute Erholung

Die anthropometrische Analyse der Studiengruppe zeigte folgende Charakteristika: 53 Patienten (18%) hatten $SAD \geq 26$ und konnten so nach der Definition von Paolini et. al. als zentral-obese klassifiziert werden (Paolini et al. 2010). Interessanterweise führt die Verwendung von den VAT-basierten, geschlechtsspezifischen Cut-off-Werten nach Desprès and Lamarche, Hunter et al. and Williams et al. (Wajchenberg 2000) dazu, dass nach dieser Berechnung 81 männliche und 9 weibliche Patienten (insgesamt 30%) der "Obesity-Gruppe" zugeordnet werden. 55 männliche und 14 weibliche Patienten (23%) erfüllten die von Paris et al. bzw. Weijs et al. definierten Sarkopeniekriterien. (Paris et al. 2017; Weijs et al. 2014)

Der durchschnittliche SAPS-II-Wert bei Aufnahme betrug 32 ± 17 . Der Median der Dauer der Intensivbehandlung betrug 4 Tage (IQR 9). 186 Patienten (63%) benötigten eine maschinelle Beatmung, der Median der Beatmungsdauer bei den beatmeten Patienten lag bei 4,2 Tagen (IQR 10). 106 Patienten (35,7 %) entwickelten im Verlauf ein Multiorganversagen, die

Einleitung einer Nierenersatztherapie war nur in 9 Fällen (3%) notwendig. 68 Patienten (23%) erfüllten im Verlauf die Kriterien einer Sepsis. 30 Patienten (10%) verstarben während des Intensivaufenthaltes. 202 Patienten (68%) hatten bei Entlassung einen GOS \geq 4 und somit nur leichte oder moderate neurologische Behinderungen.

	Alle	Männlich			Weiblich		
		alle	Alter<65y	Alter \geq 65y	alle	Alter<65y	Alter \geq 65y
n	297	222	184	38	75	56	19
SAT (cm²)	172,96 \pm 112,17	164,93 \pm 104,18	162,73 \pm 109,42	175,55 \pm 72,80	196,73 \pm 130,17	195,37 \pm 138,84	200,74 \pm 100,25
VAT (cm²)	99,82 \pm 97,21	116,59 \pm 100,28	93,37 \pm 83,17	229,00 \pm 100,03	50,19 \pm 66,04	36,65 \pm 52,29	90,08 \pm 83,28
SAD (cm)	21,88 \pm 4,22	22,45 \pm 4,17	21,79 \pm 3,94	25,66 \pm 3,72	20,17 \pm 3,89	19,76 \pm 3,96	21,38 \pm 3,41
LPA (cm²)	27,53 \pm 8,01	30,17 \pm 6,98	30,71 \pm 6,87	27,53 \pm 6,88	19,74 \pm 5,36	21,10 \pm 5,10	15,74 \pm 3,94
TMA (cm²)	177,75 \pm 40,30	192,14 \pm 32,78	195,81 \pm 29,47	174,37 \pm 41,11	134,57 \pm 28,06	141,23 \pm 26,20	115,28 \pm 24,03
Beatmungsdauer (Tag)	5,50 \pm 9,35	5,39 \pm 9,24	5,30 \pm 8,96	5,85 \pm 10,48	5,81 \pm 9,67	5,29 \pm 8,45	7,29 \pm 12,42
Dauer Intensivaufenthalt (Tag)	9,07 \pm 11,57	8,85 \pm 11,53	8,52 \pm 11,16	10,45 \pm 13,03	9,72 \pm 11,66	9,23 \pm 11,29	11,16 \pm 12,60
SAPS-II-Score am Tag 1.	32,38 \pm 16,61	31,67 \pm 15,80	30,19 \pm 15,12	38,73 \pm 17,05	34,47 \pm 18,60	30,04 \pm 16,09	47,05 \pm 19,49

Tabelle 8: Mittelwerte (mit SD) der wichtigsten untersuchten anthropometrischen Parameter nach Geschlecht und Alter

Die Altersgruppe >65 Jahre hatte in dieser Kohorte signifikant weniger Gesamtmuskelmasse (TMA), dafür aber mehr Körperfett (SAT+VAT) sowie höheren SAD, wie in **Abbildung 10** alters- und geschlechtsspezifisch dargestellt.

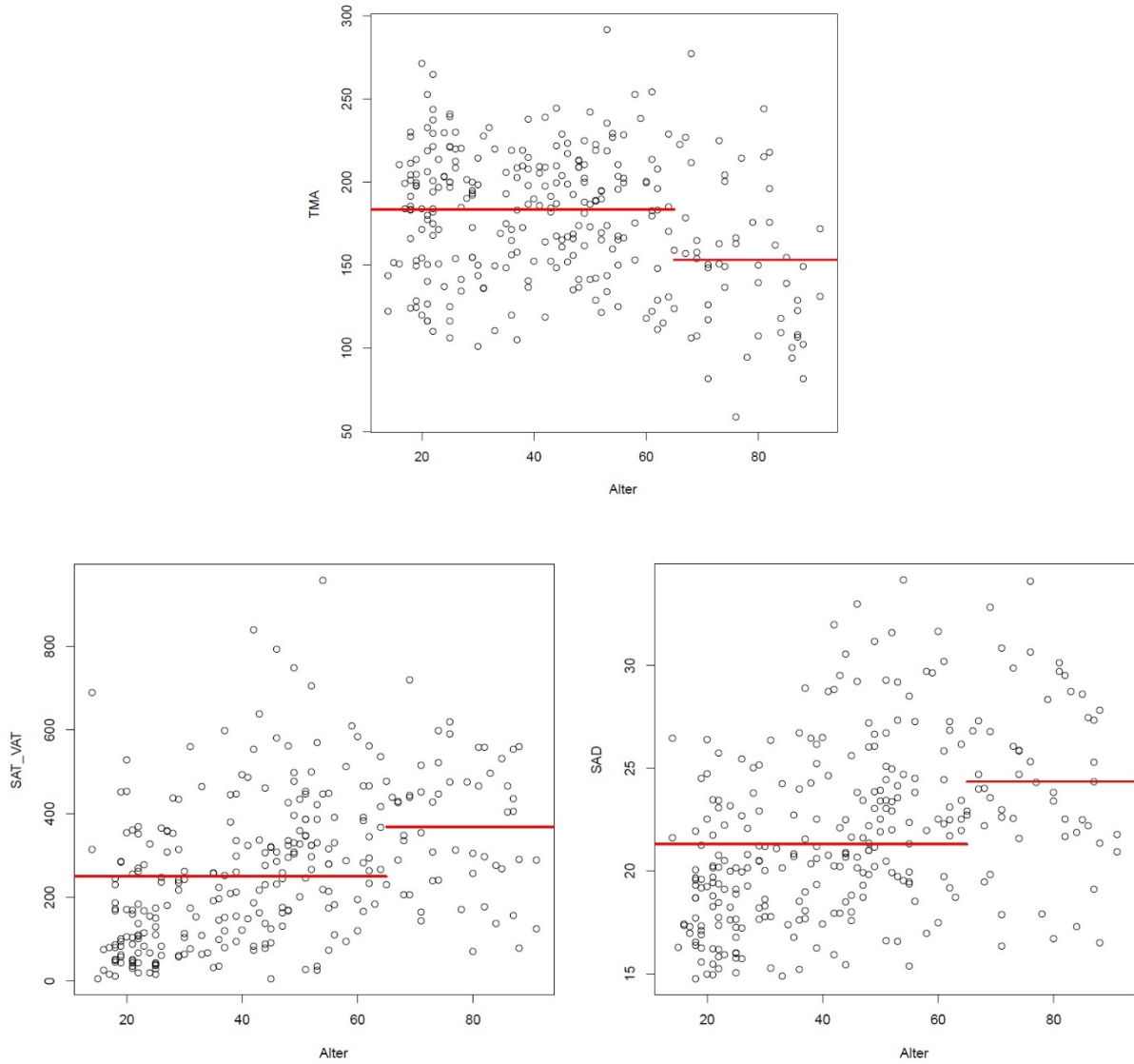


Abbildung 10: Streudiagramme mit Darstellung der Zusammenhänge zwischen Alter (Jahre) und jeweils TMA, SAT+VAT (cm²) und SAD (cm). Die roten Linien zeigen jeweils die Mittelwerte der Subgruppen Alter<65J bzw. ≥65J.

3.2.2. Präklinische Phase

Die mittlere Dauer der präklinischen Versorgung betrug 68.5 Minuten (IQR 47.5). Die Versorgung adipöser Traumapatienten (SAD, SAT, VAT, SAT+VAT) in der präklinischen Phase benötigt nicht mehr Zeit (Abfahrt Notarzt-Ankunft Notarzt Unfallstelle) als die Versorgung von nicht adipösen Patienten nach Korrektur für Unfallart, AIS Thorax, AIS Abdomen, AIS Beine, Intubation präklinisch. (**Tabelle 9**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARD-FEHLER	T-WERT	P-WERT
DAUER PRÄKLINISCHER VERSORGUNG	SAD	0.017498	0.011196	1.563	0.119554
	Unfallart 2	0.643621	0.179401	3.588	0.000413
	Unfallart 3	0.672634	0.199103	3.378	0.000865
	Unfallart 4	0.363176	0.240104	1.513	0.131848
	Unfallart 5	0.814296	0.215633	3.776	0.000206
	Unfallart 6	0.559761	0.191699	2.920	0.003871
	Unfallart 7	0.610155	0.306115	1.993	0.047496
	AIS Thorax	-0.015030	0.031313	-0.480	0.631729
	AIS Abdomen	0.023394	0.038379	0.610	0.542794
	AIS Untere Extremitäten	0.005485	0.033305	0.165	0.869344
	Primäre Intubation	0.407603	0.099011	4.117	<0.001
DAUER PRÄKLINISCHER VERSORGUNG	SAT	0.0004724	0.0004086	1.156	0.248929
	Unfallart 2	0.6516440	0.1799262	3.622	0.000365
	Unfallart 3	0.6855583	0.2004709	3.420	0.000749
	Unfallart 4	0.3585926	0.2408967	1.489	0.138058
	Unfallart 5	0.8754166	0.2126944	4.116	<0.001
	Unfallart 6	0.5851389	0.1914025	3.057	0.002517
	Unfallart 7	0.6535297	0.3094651	2.112	0.035852
	AIS Thorax	-0.0113741	0.0312408	-0.364	0.716156
	AIS Abdomen	0.0261623	0.0386919	0.676	0.499656
	AIS Untere Extremitäten	0.0048016	0.0333969	0.144	0.885814
	Primäre Intubation	0.4009826	0.0990626	4.048	<0.001
DAUER PRÄKLINISCHER VERSORGUNG	VAT	-0.0001251	0.0005206	-0.240	0.810269
	Unfallart 2	0.6438476	0.1805459	3.566	0.000446
	Unfallart 3	0.6611065	0.2002407	3.302	0.001125
	Unfallart 4	0.3711968	0.2413794	1.538	0.125558
	Unfallart 5	0.8835238	0.2165376	4.080	<0.001
	Unfallart 6	0.5898295	0.1923534	3.066	0.002443
	Unfallart 7	0.6087205	0.3078400	1.977	0.049269

	AIS Thorax	-0.0094016	0.0313327	-0.300	0.764423
	AIS Abdomen	0.0206113	0.0386321	0.534	0.594217
	AIS Untere Extremitäten	0.0016756	0.0335269	0.050	0.960186
	Primäre Intubation	0.3918075	0.0995640	3.935	<0.001
DAUER PRÄKLINISCHER VERSORGUNG	SAT+VAT	0.0001666	0.0002660	0.626	0.531814
	Unfallart 2	0.6502343	0.1803906	3.605	0.000388
	Unfallart 3	0.6732904	0.2006322	3.356	0.000935
	Unfallart 4	0.3660439	0.2413097	1.517	0.130753
	Unfallart 5	0.8629837	0.2139605	4.033	<0.001
	Unfallart 6	0.5823439	0.1919505	3.034	0.002711
	Unfallart 7	0.6220229	0.3084354	2.017	0.044964
	AIS Thorax	-0.0107666	0.0313198	-0.344	0.731359
	AIS Abdomen	0.0236642	0.0387396	0.611	0.541940
	AIS untere Extremitäten	0.0040180	0.0335116	0.120	0.904676
	Primäre Intubation	0.3992644	0.0994546	4.015	<0.001

Tabelle 9: Multivariate Analyse mit Dauer der präklinischen Versorgung als abhängige Variable. Die Unfallarten sind: 1: Verkehr: Fußgänger angefahren (Referenz) 2: Verkehr: PKW-/LKW-Insasse 3: Verkehr: Motorradfahrer 4: Verkehr: Fahrradfahrer 5: Sturz: unter 3m Höhe 6: Sturz: über 3m Höhe 7: Sonstige

Die Volumengabe präklinisch zeigte eine leicht negative Korrelation mit der Fettmasse der Patienten (SAD, SAT, VAT, SAT+VAT) aber nicht mit der Muskelmasse (TMA /LPA; MESTot; MPtot; MP/MESTot). (Tabelle 10)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
VOLUMENGABE	SAD	-18.16	14.40	-1.261	0.2087
	AIS Thorax	73.56	41.31	1.781	0.0763
	AIS Abdomen	21.76	49.02	0.444	0.6575
	AIS Beine	38.07	41.37	0.920	0.3584
	Intubation präklinisch	-1348.40	129.75	-10.392	<0.001
VOLUMENGABE	SAT	-0.8839	0.5376	-1.644	0.1015
	AIS Thorax	73.1076	41.0655	1.780	0.0764
	AIS Abdomen	13.6334	49.3584	0.276	0.7826
	AIS Beine	38.5049	41.1519	0.936	0.3504
	Intubation präklinisch	-1346.2250	129.0015	-10.436	<0.001
VOLUMENGABE	VAT	-1.2033	0.6374	-1.888	0.0603

	AIS Thorax	69.6094	40.8596	1.704	0.0898
	AIS Abdomen	18.7933	48.8503	0.385	0.7008
	AIS Beine	33.8717	41.2846	0.820	0.4128
	Intubation präklinisch	-1338.3228	129.0472	-10.371	<0.001
VOLUMENGABE	SAT+VAT	-0.7029	0.3409	-2.062	0.0403
	AIS Thorax	73.231	40.8808	1.791	0.0403
	AIS Abdomen	12.0208	49.0951	0.245	0.0746
	AIS Beine	33.8203	41.1744	0.821	0.8068
	Intubation präklinisch	-1331.4521	129.1272	-10.311	<0.001
VOLUMENGABE	TMA	1.950	1.496	1.303	0.194
	AIS Thorax	66.607	41.324	1.612	0.108
	AIS Abdomen	31.224	49.143	0.635	0.526
	AIS Beine	39.158	41.395	0.946	0.345
	Intubation präklinisch	-1369.278	129.338	-10.587	<0.001
VOLUMENGABE	LPA	10.31	7.37	1.400	0.1630
	AIS Thorax	68.56	40.99	1.672	0.0958
	AIS Abdomen	30.99	49.02	0.632	0.5279
	AIS Beine	39.22	41.22	0.951	0.3424
	Intubation präklinisch	-1363.65	128.35	-10.625	<0.001
VOLUMENGABE	MES_{tot}	1.106	4.060	0.272	0.786
	AIS Thorax	67.774	41.175	1.646	0.101
	AIS Abdomen	27.424	49.425	0.555	0.580
	AIS Beine	43.549	41.268	1.055	0.292
	Intubation präklinisch	-1377.129	129.592	-10.627	<0.001
VOLUMENGABE	MP_{tot}	9.536	6.043	1.578	0.1159
	AIS Thorax	68.354	40.942	1.670	0.0964
	AIS Abdomen	32.621	49.010	0.666	0.5063
	AIS Beine	39.718	41.127	0.966	0.3352
VOLUMENGABE	MP/MES_{tot}	2.575	2.807	0.917	0.3601
	AIS Thorax	68.533	41.102	1.667	0.0968
	AIS Abdomen	31.379	49.367	0.636	0.5257
	AIS Beine	42.245	41.226	1.025	0.3066
	Intubation präklinisch	-1379.861	128.703	-10.721	<0.001

Tabelle 10: Multivariate Analyse mit präklinischer Volumengabe als abhängige Variable. Kovariaten: AIS Thorax, AIS Abdomen, AIS Beine, Intubation präklinisch

Unter Berücksichtigung von relevanter Schädel-Hirn-Beteiligung (GCS<8 / AIS Kopf) bzw. Thoraxtrauma (AIS Thorax) zeigte sich in der multivariaten Analyse ein inverser Zusammenhang zwischen Fettmasse und Intubationsrate. (**Tabelle 11**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	Z-WERT	P-WERT
INTUBATION	SAD	0.10224	0.04154	2.461	0.0138
	GCS<8	-3.07335	0.65251	-4.710	<0.001
	AIS Kopf	-0.21904	0.09834	-2.227	0.0259
	AIS Thorax	-0.23444	0.10380	-2.258	0.0239
INTUBATION	SAT	0.003412	0.001663	2.051	0.04023
	GCS<8	-3.030834	0.646432	-4.689	<0.001
	AIS Kopf	-0.234946	0.097479	-2.410	0.01594
	AIS Thorax	-0.219699	0.102861	-2.136	0.03269
INTUBATION	VAT	0.005147	0.001908	2.698	0.006982
	GCS<8	-3.158364	0.660369	-4.783	<0.001
	AIS Kopf	-0.220029	0.098380	-2.237	0.025318
	AIS Thorax	-0.206938	0.103138	-2.006	0.044813
INTUBATION	SAT+VAT	0.002765	0.001008	2.745	0.00606
	GCS<8	-3.115582	0.655616	-4.752	<0.001
	AIS Kopf	-0.221109	0.098208	-2.251	0.02436
	AIS Thorax	-0.219609	0.103296	-2.126	0.03350

Tabelle 11: Multivariate Analyse mit Intubation als abhängige Variable

3.2.3. Assoziationen zwischen Körperaufbau und initialen Laborwerten

Sämtliche Fettparameter (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT) korrelierten positiv sowohl mit dem initialen Glukosewert, als auch mit der Leukozytenzahl, nach Korrektur für Alter bzw. Dauer der präklinischen Versorgung, wobei die Ergebnisse für VAT bei Leukozytenzahl bzw. SAD bei Glucose nicht signifikant waren. (**Tabellen 12-13**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
LEUKOZYTENZAHL	SAD	0.2637590	0.0955228	2.761	0.006236
	Alter	-0.0827493	0.0211138	-3.919	<0.001
	Dauer präklinische Versorgung	-0.0002903	0.0020434	-0.142	0.887168
LEUKOZYTENZAHL	SAT	0.0106647	0.032384	3.293	0.001151
	Alter	-0.0687869	0.0189599	-3.628	<0.001

	Dauer präklinische Versorgung	-0.0001245	0.0020197	-0.062	0.950910
LEUKOZYTENZAHL	VAT	0.0077965	0.0047433	1.644	0.101649
	Alter	-0.0769490	0.0229577	-3.352	<0.001
	Dauer präklinische Versorgung	0.0003039	0.0020499	0.148	0.882298
LEUKOZYTENZAHL	SAT+VAT	6.833e-03	2.236e-03	3.056	0.00251
	Alter	-8.286e-02	2.064e-02	-4.015	<0.001
	Dauer präklinische Versorgung	-3.801e-05	2.025e-03	-0.019	0.98504

Tabelle 12: Multivariate Analyse mit Leukozytenzahl als abhängige Variable

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
GLUKOSE	SAD	2.479813	0.845911	2.932	0.00373
	Alter	0.343813	0.187307	1.836	0.06776
	Dauer präklinische Versorgung	0.008033	0.018099	0.444	0.65758
GLUKOSE	SAT	0.05471	0.02929	1.868	0.06305
	Alter	0.53038	0.17160	3.091	0.00225
	Dauer präklinische Versorgung	0.01192	0.01822	0.654	0.51355
GLUKOSE	VAT	0.13499	0.04175	3.234	0.00141
	Alter	0.23265	0.20035	1.161	0.24679
	Dauer präklinische Versorgung	0.01245	0.01789	0.696	0.48740
GLUKOSE	SAT+VAT	0.05627	0.01993	2.824	0.00518
	Alter	0.37507	0.18402	2.038	0.04272
	Dauer präklinische Versorgung	0.01085	0.01803	0.602	0.54802

Tabelle 13: Multivariate Analyse mit Serum-Glukose als abhängige Variable

3.2.4. Innerklinische Phase

3.2.4.1. Schockraum

Die initiale Versorgung (Zeitpunkt Ganzkörper CT - Zeitpunkt Ankunft SR) adipöser Traumapatienten im Schockraum benötigt nicht mehr Zeit als die Versorgung von normgewichtigen Patienten. Im linearen Modell wurden zusätzlich die Kovariaten AIS Thorax, AIS Abdomen, AIS Beine, (Re)Intubation und Schock (definiert als Blutdruck < 90 mmHg oder Puls/Blutdruck > 1 oder Base Excess < -6) mitaufgenommen. (**Tabelle 14**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
DAUER SR-VERSOR-GUNG	SAD	-0.02744	0.18812	-0.146	0.88416
	AIS Thorax	0.10695	0.57280	0.187	0.85207
	AIS Abdomen	0.21276	0.74010	0.287	0.77403
	AIS Beine	-0.65080	0.57100	-1.140	0.25567
	(Re)Intubation	-3.09274	2.51481	-1.230	0.22013
	Schock	6.07266	1.99810	3.039	0.00267
DAUER SR-VERSOR-GUNG	SAT	0.005450	0.007142	0.763	0.44626
	AIS Thorax	0.077158	0.570717	0.135	0.89259
	AIS Abdomen	0.284630	0.742705	0.383	0.70193
	AIS Beine	-0.633382	0.567366	-1.116	0.26553
	(Re)Intubation	-3.115686	2.511558	-1.241	0.21615
	Schock	6.087288	1.994804	3.052	0.00257
DAUER SR-VERSOR-GUNG	VAT	-0.006560	0.008533	-0.769	0.44285
	AIS Thorax	0.104186	0.569963	0.183	0.85513
	AIS Abdomen	0.169940	0.740532	0.229	0.81871
	AIS Beine	-0.700324	0.572239	-1.224	0.22237
	(Re)Intubation	-3.256017	2.520712	-1.292	0.19787
	Schock	6.023575	1.996103	3.018	0.00286
DAUER SR-VERSOR-GUNG	SAT+VAT	0.0003497	0.0045752	0.076	0.93914
	AIS Thorax	0.0981074	0.5711467	0.172	0.86378
	AIS Abdomen	0.2261418	0.7441337	0.304	0.76150
	AIS Beine	-0.6386051	0.5700378	-1.120	0.26386

(Re)Intubation	-3.0810661	2.5164676	-1.224	0.22217
Schock	6.0837145	1.9980099	3.045	0.00262

Tabelle 14: Multivariate Analyse mit Dauer der Schockraumversorgung als abhängige Variable

Des Weiteren wurde getestet, ob adipöse Patienten zum Aufnahmezeitpunkt im Schockraum häufiger die Kriterien eines hämorrhagischen Schocks erfüllen. Die Kriterien für einen Schock waren:

- Systolischer Blutdruck < 90 mmHg und/oder
- Puls / Sys. Blutdruck > 1 („positiver Schockindex“) und/oder
- Base Excess < -6 mmol/l

Es wurde auf folgende Kovariablen Rücksicht genommen: Alter, AIS Max, AIS Thorax, AIS Abdomen, Dauer präklinischer Phase. Die Analyse zeigte keinen negativen Effekt der Fettparameter auf die Häufigkeit von Schock. (Tabelle 15)

VARIABLE	KOVARIALE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	Z-WERT	P-WERT
SCHOCK	SAD	0.0242696	0.0477468	0.508	0.61124
	Alter	-0.0134462	0.0113349	-1.186	0.23552
	AIS Max	0.4299780	0.2093336	2.054	0.03997
	AIS Thorax	0.1213261	0.1303104	0.931	0.35183
	AIS Abdomen	0.4328727	0.1459797	2.965	0.00302
	Dauer präklinische Versorgung	-0.0002492	0.0010585	-0.235	0.81388
SCHOCK	SAT	0.0004268	0.0016685	0.256	0.79809
	Alter	-0.0111148	0.0099662	-1.115	0.26475
	AIS Max	0.4277838	0.2094373	2.043	0.04110
	AIS Thorax	0.1290263	0.1292840	0.998	0.31828
	AIS Abdomen	0.4304412	0.1461548	2.945	0.00323
	Dauer präklinische Versorgung	-0.0001967	0.0010587	-0.186	0.85259
SCHOCK	VAT	0.0006079	0.0024005	0.253	0.80009
	Alter	-0.0123491	0.0122436	-1.009	0.31316
	AIS Max	0.4260282	0.2091148	2.037	0.04162
	AIS Thorax	0.1294378	0.1290062	1.003	0.31569
	AIS Abdomen	0.4293545	0.1457554	2.946	0.00322
	Dauer präklinische Versorgung	-0.0001673	0.0010452	-0.160	0.87280
SCHOCK	SAT+VAT	0.0003427	0.0011507	0.298	0.76582

Alter	-0.0120570	0.0110526	-1.091	0.27533
AIS Max	0.4287171	0.2096337	2.045	0.04085
AIS Thorax	0.1280768	0.1293451	0.990	0.32208
AIS Abdomen	0.4315253	0.1462952	2.950	0.00318
Dauer präklinische Versorgung	-0.0001954	0.0010545	-0.185	0.85300

Tabelle 15: Multivariate Analyse mit Schock als abhängige Variable

3.2.4.2. Intensivmedizinischer Verlauf

Für die Beurteilung des Einflusses von Sarkopenie bzw. Adipositas auf die intensivmedizinische Behandlung wurden Patienten mit schwerem SHT/Wirbelsäulentrauma (AIS Schädel >3 und/oder AIS Rückenmark >3) ausgeschlossen, da solche Verletzungen den klinischen Verlauf grundlegend beeinflussen.

Sarkopenie (LPA; MPtot; MP/MESStot; TMA) hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Beatmungsdauer. Als mögliche beeinflussende Kovariaten wurden in diesem Modell Alter, SAPS-II-Score und vier AIS-Subgruppen (Schädel, Gesicht, Hals, Thorax) berücksichtigt. (**Tabelle 16**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
BEATMUNGS- DAUER	LPA	0.017664	0.014105	1.252	0.21325
	Alter	0.013382	0.006542	2.046	0.04332
	AIS Schädel	0.214681	0.103737	2.069	0.04098
	AIS Thorax	0.205471	0.077655	2.646	0.00941
	AIS Gesicht	-0.106216	0.153477	-0.692	0.49044
	AIS Hals	0.261395	0.259930	1.006	0.31692
	SAPS II Score	0.023018	0.008375	2.748	0.00706
BEATMUNGS- DAUER	MPtot	0.016190	0.012220	1.325	0.18812
	Alter	0.012980	0.006412	2.024	0.04550
	AIS Schädel	0.215303	0.103611	2.078	0.04017
	AIS Thorax	0.203547	0.077395	2.630	0.00984
	AIS Gesicht	-0.111443	0.152755	-0.730	0.46730
	AIS Hals	0.256214	0.259979	0.986	0.32666
	SAPS II Score	0.023161	0.008372	2.767	0.00671
BEATMUNGS- DAUER	MP/MESStot	0.010171	0.005127	1.984	0.04991
	Alter	0.011615	0.006133	1.894	0.06105

	AIS Schädel	0.212957	0.101997	2.088	0.03925
	AIS Thorax	0.207181	0.076579	2.705	0.00797
	AIS Gesicht	-0.114680	0.150688	-0.761	0.44835
	AIS Hals	0.253023	0.255839	0.989	0.32496
	SAPS II Score	0.026382	0.008495	3.105	0.00245
BEATMUNGS- DAUER	TMA	0.005076	0.002705	1.877	0.06338
	Alter	0.013004	0.006283	2.070	0.04098
	AIS Schädel	0.201390	0.103458	1.947	0.05431
	AIS Thorax	0.197419	0.077903	2.534	0.01278
	AIS Gesicht	-0.097546	0.152641	-0.639	0.52421
	AIS Hals	0.277346	0.256337	1.082	0.28180
	SAPS II Score	0.025358	0.008735	2.903	0.00452

Tabelle 16: Analyse des Zusammenhangs zwischen Sarkopenie und Beatmungsdauer

In einem weiteren Modell konnte kein Zusammenhang zwischen Adipositas (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT), und Beatmungsdauer detektiert werden. Hier wurden neben Alter und SAPS-II-Wert anstatt AIS Max vier AIS-Subgruppen (Schädel, Gesicht, Hals, Thorax) als Kovariate aufgenommen. (**Tabelle 17**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARD-FEHLER	T-WERT	P-WERT
BEATMUNGS-DAUER	SAD	0.020343	0.030511	0.667	0.50642
	Alter	0.008591	0.006985	1.230	0.22152
	AIS Schädel	0.209567	0.104935	1.997	0.04843
	AIS Thorax	0.182308	0.079731	2.287	0.02425
	AIS Gesicht	-0.136907	0.153135	-0.894	0.37337
	AIS Hals	0.302731	0.258663	1.170	0.24453
	SAPS II	0.022833	0.008422	2.711	0.0078
BEATMUNGS-DAUER	SAT	-2.532e-05	1.071e-03	-0.024	0.98118
	Alter	1.074e-02	6.378e-03	1.685	0.09506
	AIS Schädel	1.973e-01	1.046e-01	1.886	0.06211
	AIS Thorax	1.947e-01	7.796e-02	2.497	0.01408
	AIS Gesicht	-1.317e-01	1.533e-01	-0.859	0.39209
	AIS Hals	3.097e-01	2.595e-01	1.194	0.23535
	SAPS II	2.256e-02	8.434e-03	2.675	0.00868
BEATMUNGS-DAUER	VAT	0.001156	0.001415	0.817	0.41584
	Alter	0.007649	0.007255	1.054	0.29420
	AIS Schädel	0.208826	0.104189	2.004	0.04764
	AIS Thorax	0.190206	0.077682	2.449	0.01602
	AIS Gesicht	-0.148292	0.154116	-0.962	0.33817
	AIS Hals	0.296673	0.258664	1.147	0.25404
	SAPS II	0.023052	0.008424	2.736	0.00731
BEATMUNGS-DAUER	SAT+VAT	0.0003026	0.0007402	0.409	0.68349

Alter	0.0095261	0.0068691	1.387	0.16846
AIS Schädel	0.2046033	0.1049340	1.950	0.05389
AIS Thorax	0.1917851	0.0779820	2.459	0.01557
AIS Gesicht	-0.1360604	0.1535085	-0.886	0.37748
AIS Hals	0.3016578	0.2595001	1.162	0.24771
SAPS II	0.0227668	0.0084375	2.698	0.00813

Tabelle 17: Multivariate Analyse: Auswirkung der Fettparameter auf die Beatmungsdauer

Des Weiteren zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen Sarkopenie (LPA; MPtot; MP/MESStot; TMA) und Gesamtverweildauer auf Intensivstation. Dieses Modell berücksichtigt folgende Einflussfaktoren: Alter; AIS Max; SAPS-II-Score am Tag 1. (**Tabelle 18**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARD-FEHLER	T-WERT	P-WERT
VERWEILDAUER ITS	LPA	0.001474	0.007775	0.190	0.849776
	Alter	0.002555	0.003580	0.714	0.476273
	AIS Max	0.299048	0.086236	3.468	<0.001
	SAPS II	0.030132	0.004898	6.151	<0.001
VERWEILDAUER ITS	MPtot	0.003070	0.006555	0.468	0.64010
	Alter	0.002840	0.003543	0.802	0.4238
	AIS Max	0.299524	0.086203	3.475	<0.001
	SAPS II	0.030108	0.004894	6.152	<0.001
VERWEILDAUER ITS	MP/MESStot	0.002222	0.002918	0.761	0.447386
	Alter	0.002222	0.002918	0.761	0.447386
	AIS Max	0.296318	0.086187	3.438	<0.001
	SAPS II	0.030675	0.004934	6.218	<0.001
VERWEILDAUER ITS	TMA	0.0007078	0.0016228	0.436	0.663209
	Alter	0.0026350	0.0034271	0.769	0.442889
	AIS Max	0.2942656	0.0879010	3.348	<0.001
	SAPS II	0.0302509	0.0050858	5.948	<0.001

Tabelle 18: Multivariate Analyse zur Beurteilung der Korrelation zwischen ITS-Verweildauer und Muskelparametern

Es wurde getestet, ob Adipositas (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT), die Verweildauer auf Intensivstation verlängert. Dies erfolgte unter Berücksichtigung der gleichen Kovariaten wie bei der entsprechenden Fragestellung bezüglich Sarkopenie. Nach diesem Modell verlängert Adipositas die Verweildauer nicht. (**Tabelle 19**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
VERWEILDAUER ITS	SAD	-0.007102	0.016252	-0.437	0.662599
	Alter	0.002983	0.003689	0.809	0.419742
	AIS Max	0.303174	0.086734	3.495	<0.001
	SAPS II	0.030081	0.004897	6.143	<0.001
VERWEILDAUER ITS	SAT	-0.0005116	0.0005528	-0.925	0.355867
	Alter	0.0027365	0.0033924	0.807	0.420844
	AIS Max	0.2976473	0.0860673	3.458	<0.001
	SAPS II	0.0301529	0.0048848	6.173	<0.001
VERWEILDAUER ITS	VAT	-0.0005921	0.0007886	-0.751	0.453623
	Alter	0.0039343	0.0039895	0.986	0.325267
	AIS Max	0.3045038	0.0864329	3.523	<0.001
	SAPS II	0.0300439	0.0048911	6.143	<0.001
VERWEILDAUER ITS	SAT+VAT	-0.0003785	0.0003794	-0.998	0.319658
	Alter	0.0036579	0.0036174	1.011	0.313176
	AIS Max	0.3015249	0.0860627	3.504	<0.001
	SAPS II	0.0300781	0.0048838	6.159	<0.001

Tabelle 19: Multivariate Analyse mit Verweildauer auf der Intensivstation als abhängige Variable

Die folgende **Tabelle 20** fasst die Berechnungen zusammen, anhand derer festgestellt werden kann, dass Adipositas (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT) das Risiko eine Sepsis zu erleiden nicht erhöht. Berücksichtigt wurden: Alter; AIS Max; Leukozytenzahl bei Aufnahme; SAPS-II-Score am Tag 1.

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	Z-WERT	P-WERT
SEPSIS	SAD	-0.058339	0.041678	-1.400	0.16159
	Alter	0.010582	0.009249	1.144	0.25258

	AIS Max	-0.563221	0.177057	-3.181	0.00147
	Leukozytenzahl	0.014524	0.027407	0.530	0.59616
	SAPS II	-0.042272	0.010223	-4.135	<0.001
SEPSIS	SAT	0.001097	0.001571	0.698	0.48530
	Alter	0.002963	0.008233	0.360	0.71889
	AIS Max	-0.531082	0.176224	-3.014	0.00258
	Leukozytenzahl	0.001574	0.027893	0.056	0.95499
	SAPS II	-0.041764	0.010220	-4.087	<0.001
SEPSIS	VAT	-0.001318	0.001937	-0.681	0.49614
	Alter	0.008299	0.009974	0.832	0.40537
	AIS Max	-0.555605	0.176421	-3.149	0.00164
	Leukozytenzahl	0.009025	0.027019	0.334	0.73835
	SAPS II	-0.041873	0.010207	-4.102	<0.001
SEPSIS	SAT+VAT	0.0001153	0.0010091	0.114	0.9090
	Alter	0.0038573	0.0090513	0.426	0.6700
	AIS Max	-0.5431019	0.1765423	-3.076	0.0021
	Leukozytenzahl	0.0060563	0.0276723	0.219	0.8268
	SAPS II	-0.0414750	0.0102017	-4.065	<0.001

Tabelle 20: Lineare Regressionsanalyse mit Sepsis als abhängige Variable

Adipositas (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT) erhöht nicht das Risiko für das Auftreten eines Multiorganversagens. Mögliche beeinflussende Kovariaten: Alter; AIS Max; Schock bei Aufnahme (definiert als: Blutdruck < 90 mmHg oder Puls/Blutdruck > 1 oder Base Excess < -6) (Tabelle 21)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	Z-WERT	P-WERT
MOV	SAD	0.031852	0.040498	0.786	0.431577
	Alter	-0.017641	0.009031	-1.953	0.050781
	AIS Max	-0.921382	0.178298	-5.168	<0.001
	Schock bei Aufnahme	-1.183398	0.340952	-3.471	<0.001
MOV	SAT	0.002175	0.001553	1.400	0.161365
	Alter	-0.016775	0.008250	-2.033	0.042009
	AIS Max	-0.908050	0.178913	-5.075	<0.001
	Schock bei Aufnahme	-1.194034	0.342813	-3.483	<0.001

MOV	VAT	0.003213	0.002026	1.586	0.112838
	Alter	-0.024285	0.010228	-2.374	0.017580
	AIS Max	-0.934274	0.180662	-5.171	<0.001
	Schock bei Aufnahme	-1.188372	0.0342498	-3.470	<0.001
MOV	SAT+VAT	0.001782	0.001028	1.733	0.083146
	Alter	-0.021835	0.009196	-2.374	0.017575
	AIS Max	-0.918065	0.180136	-5.096	<0.001
	Schock bei Aufnahme	-1.197525	0.343885	-3.482	<0.001

Tabelle 21: Testung der Auswirkungen der Fettparameter auf die Inzidenz von MOV

Das folgende Modell (**Tabelle 22**) adressierte die Frage ob Körperfettmasse (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT) mit der Höhe des SAPS-II-Score am Tag 1 korreliert. Als Kovariaten wurden folgende Parameter aufgenommen: Alter; AIS Max; Schock bei Aufnahme (definiert als: Blutdruck < 90 mmHg oder Puls/Blutdruck > 1 oder Base Excess < -6 mmol/l). Hier fand sich keine signifikante Korrelation.

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
SAPS-II-SCORE	SAD	-0.36879	0.22508	-1.639	0.103
	Alter	0.33170	0.04978	6.663	<0.001
	AIS Max	6.04674	0.94033	6.430	<0001
	Schock bei Aufnahme	12.06591	2.03552	5.928	<0.001
SAPS-II-SCORE	SAT	-0.008216	0.007960	-1.032	0.303
	Alter	0.304134	0.045625	6.666	<0.001
	AIS Max	5.980335	0.950958	6.289	<0.001
	Schock bei Aufnahme	12.035085	2.043017	5.891	<0.001
SAPS-II-SCORE	VAT	-0.01469	0.01135	-1.295	0.197
	Alter	0.33893	0.05576	6.078	<0.001
	AIS Max	6.08280	0.94197	6.457	<0.001
	Schock bei Aufnahme	11.95810	2.03992	5.862	<0.001
SAPS-II-SCORE	SAT+VAT	-0.007323	0.005475	-1.337	0.182
	Alter	0.324611	0.049685	6.533	<0.001
	AIS Max	5.982409	0.946086	6.323	<0.001
	Schock bei Aufnahme	12.013052	2.039271	5.891	<0.001

Tabelle 22: Analyse zur Testung der Auswirkungen der Fettparameter auf den initialen SAPS-II-Score

3.2.4.3. Neurologisches Outcome

Für die Analysen in diesem Abschnitt wurden Patienten mit schwerer Kopf- oder Wirbelsäulenverletzung (entsprechende AIS-Scores > 3) aus den bereits beim intensivmedizinischen Verlauf genannten Gründen ausgeschlossen.

Weder im normalen linearen Modell noch im Modell einer ordinalen logistischen Regression konnten positive oder negative Effekte der Muskelmasse auf das neurologische Outcome festgestellt werden. Die Modelle beinhalteten folgende Einflussfaktoren: Alter; AIS Max; SAPS-II-Score am Tag 1.; SOFA zentrales Nervensystem (ZNS) > 2. (**Tabelle 23**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
GOS	TMA	0.0002033	0.0014195	0.143	0.886287
	Alter	0.0021891	0.0030492	0.718	0.473688
	AIS Max	-0.1677316	0.0813537	-2.062	0.040578
	SAPS-II-Score	-0.0174265	0.0048176	-3.617	<0.001
	SOFA ZNS>2	0.4566400	0.1447504	3.155	<0.01
GOS	LPA	-0.002966	0.006967	-0.426	0.670778
	Alter	0.001351	0.003211	0.421	0.674525
	AIS Max	-0.174057	0.079956	-2.177	<0.05
	SAPS-II-Score	-0.016549	0.004653	-3.557	<0.01
	SOFA ZNS>2	0.452392	0.145241	3.115	<0.001

Tabelle 23: Lineare Regressionsanalyse zur Detektion eines Zusammenhangs zwischen Outcome (Glasgow Outcome Scale) und den Muskelparametern TMA und LPA

Auch zwischen Körperfettmasse (SAD/SAT/VAT/SAT+VAT) und Outcome war kein Zusammenhang zu detektieren. Die berücksichtigten Kovariaten waren identisch zu den der vorherigen Hypothese. (**Tabelle 24**)

VARIABLE	KOVARIATE	SCHÄTZUNG	STANDARDFEHLER	T-WERT	P-WERT
GOS	SAD	-0.007122	0.014091	-0.505	0.613834
	Alter	0.002504	0.003283	0.763	0.446647
	AIS Max	-0.171148	0.080170	-2.135	<0.05
	SAPS-II-Score	-0.016754	0.004657	-3.598	<0.001
	SOFA ZNS>2	0.444912	0.144771	3.073	<0.01
GOS	SAT	2.958e-05	4.861e-04	0.061	0.951537
	Alter	1.808e-03	3.035e-03	0.596	0.552149

	AIS Max	-1.741e-01	8.001e-02	-2.176	<0.05
	SAPS-II-Score	-1.662e-02	4.653e-03	-3.571	<0.001
	SOFA ZNS>2	4.470e-01	1.448e-01	3.086	<0.01
GOS	VAT	-0.0002165	0.0006764	-0.320	0.749280
	Alter	0.0024246	0.0035271	0.687	0.492638
	AIS Max	-0.1727702	0.0800994	-2.157	<0.05
	SAPS-II-Score	-0.0166861	0.0046556	-3.584	<0.001
	SOFA ZNS>2	0.4472661	0.1447576	3.090	>0.01
GOS	SAT+VAT	-3.828e-05	3.318e-04	-0.115	0.908267
	Alter	1.971e-03	3.234e-03	0.610	0.542903
	AIS Max	-1.741e-01	8.000e-02	-2.176	<0.05
	SAPS-II-Score	-1.664e-02	4.654e-03	-3.574	<0.001
	SOFA ZNS>2	4.475e-01	1.448e-01	3.090	<0.01

Tabelle 24: Multivariate Analyse zur Beurteilung der Korrelation zwischen Outcome und Fettparametern

4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war die Validierung einer CT-basierten Messmethodik zur Erfassung anthropometrischer Parameter von Fett- und Muskelgewebe in Traumapatienten. Im nächsten Schritt wurde in einer Subgruppe von schwerverletzten Patienten nach Korrelationen gesucht zwischen den gemessenen anthropometrischen Variablen und Merkmalen des klinischen Verlaufs.

4.1. Teil I: Messmethodik

Im ersten Teil der Studie wurden durch an CT-Einzelschnitten durchgeführte Analysen sowohl planimetrische als auch diametrische Fett und -Muskelparameter verglichen im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass -bei generell sehr hoher Inter- und Intraobserver-Reliabilität- computergestützte planimetrische Messungen eine bessere Reproduzierbarkeit zeigten im Vergleich zu diametrischen Messungen. Eine Ausnahme stellt dabei der SAD dar, der ebenfalls eine sehr hohe Reproduzierbarkeit aufwies. Diese Tatsache bekräftigt den Stellenwert von planimetrischen Messungen im klinischen Setting, wobei SAD, als einfach und schnell erhebbarer Parameter, eine sinnvolle Alternative darstellt um abdominelle Adipositas zu erfassen.

In unserer Arbeitsgruppe erwies sich diese Messmethodik als schnell erlernbar. Handelt es sich um einen geübten Anwender, dauert die Abarbeitung einer vollständigen Sequenz mit Erhebung sämtlicher oben genannter Parameter (Muskel- und Fettgewebe) 5-6 Minuten (nach Laden der entsprechenden DICOM-Datei). Die Verarbeitung der CT-Bilder erfordert eine Zusammenarbeit zwischen Anwender und der radiologischen Abteilung.

4.2. Teil II: Analyse der Auswirkungen von Fett- und Muskelparametern auf den klinischen Verlauf

Der zweite Abschnitt der Studie beschränkte sich auf die Analyse schwerverletzter Patienten. Der Datensatz wurde auf eine Korrelation von anthropometrischen Parametern für Fett- und Muskelmasse und klinischer Verlaufparameter hin untersucht. Die Beobachtungen sind entlang der Chronologie der Behandlung eines Schwerverletzten dargestellt: Präklinische Phase, Schockraumversorgung und Intensivaufenthalt.

4.2.1. Demographie

Als Basis für die Analyse der Zusammenhänge zwischen Körperkonstitution und klinischem Verlauf diente eine selektierte Population von schwerverletzten Traumapatienten. In diesem Teil wurden ausschließlich Patienten berücksichtigt, die multiple und mindestens moderate Körperverletzungen erlitten. Trotz dieser Selektion blieb die Heterogenität der Patientenkollektiv hinsichtlich Alter und Geschlechtsverteilung erhalten.

Die Dominanz des männlichen Geschlechts bei Polytrauma ist bekannt. Das Durchschnittsalter der untersuchten Population ist dem der Bevölkerung in Deutschland ähnlich.

('Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland, 1871 bis 2016' 2018)

Die in der Studie nachweisbare eindeutige Assoziation zwischen Alter und Reduktion der Muskelmasse bzw. Zunahme der Fettmasse steht im Einklang mit Ergebnissen früherer anthropometrischer Untersuchungen. Die Prävalenz sowohl von Sarkopenie (TMA) als auch von Adipositas (SAT+VAT; SAD) war bei älteren Patienten signifikant erhöht.

Sarkopenie wurde im Rahmen früherer Studien als einer der wichtigsten Prädiktoren für erhöhte Morbidität und Mortalität bei älteren Patienten identifiziert. Ein veränderter Metabolismus im Muskelgewebe, verminderte mitochondriale Reserven bzw. ein -am ehesten durch TNF-alpha vermittelter- chronischer Katabolismus können der schlechten Prognose zugrunde liegen. Eine Identifikation von Patienten mit relevanter Sarkopenie möglichst früh in der Behandlungskette dürfte durch die Einleitung einer hochkalorischen Ernährungssubstitution bzw. intensiver physiotherapeutischen Betreuung das Outcome positiv beeinflussen. (Hanna 2015)

Besonders interessant waren die Eigenschaften der Kohorte hinsichtlich Adipositas. Hier gilt zu beachten, dass die Verteilung im relevanten Maße unterschiedlich ist, je nachdem, welche Klassifizierungsmethodik verwendet wird. Die Arbeitsgruppe um Paolini definierte Fettleibigkeit anhand des SAD mit einem Cut-off-Wert von ≥ 26 cm (Paolini et al. 2010). Verwendet man diese Grenze für unsere Kohorte, liegt der Anteil von adipösen Patienten bei 18%.

Eine differenziertere Herangehensweise bietet die geschlechtsspezifische, VAT-basierte Klassifizierung, deren Stellenwert bereits mehrfach belegt wurde (Despres and Lamarche 1993; Hunter et al. 1994; Williams et al. 1996). Die Cut-off-Werte liegen bei 110 cm^2 für Frauen bzw. 131 cm^2 für Männer. Wenn man die Patienten nach dieser Methodik klassifiziert, beträgt die Prävalenz von Obesitas in der untersuchten Kohorte 30%. Diesem relevanten Unterschied kann die geschlechtsspezifische Fettverteilung zugrunde liegen, da es bereits vielfach nachgewiesen wurde, dass bei Männern eher der VAT- während bei Frauen der SAT-Anteil dominiert. (Demerath et al. 2007; Machann et al. 2005) Des Weiteren muss erwähnt werden, dass weitere Studien gering abweichende Cut-off-Werte verwendet haben. (von Eyben et al. 2003; Nicklas et al. 2003)

Bezüglich der Häufigkeit von Übergewicht bzw. Adipositas bei Erwachsenen in Deutschland stehen uns zwei große Analysen zur Verfügung. Die Online-Datenbankanalyse der WHO mit Daten aus dem Jahr 2008 schätzt die allgemeine Prävalenz von Obesitas auf 25,1% (Männer 25,9%, Frauen 24,4%). ('Nutrition, Physical Activity and Obesity: Germany' 2013) Eine landesweite Datenerhebung zwischen 2008-2011 kam auf ähnliche Werte (23,3% für Männer, 23,9% für Frauen), wobei in dieser Studie Frauen etwas häufiger betroffen waren durch Fettleibigkeit. (Mensink et al. 2013) Bei beiden Studien wurde der BMI zur Einteilung verwendet.

Bezüglich Verletzungsschwere konnte ein protektiver Effekt der Fettleibigkeit in Bezug auf Kopfverletzungen nachgewiesen werden. Dieses Phänomen wurde bereits vor gut fünfundzwanzig Jahren demonstriert und scheint sich in den vergangenen Jahrzehnten -trotz Verbesserung der Verkehrssicherheit- fortgesetzt zu haben. (Boulangier et al. 1992; Tagliaferri et al. 2009; Andruszkow et al. 2013)

Die statistisch signifikante positive Korrelation zwischen initialem Blutzuckerwert und zentraler Fettleibigkeit, der bereits in der Vergangenheit nachgewiesen wurde (Veghari et al. 2014), validiert indirekter Weise die Messmethodik.

4.2.2. Präklinische Versorgung

Es konnte kein Zusammenhang zwischen den Fettparametern und der Dauer der präklinischen Versorgung detektiert werden. Eine mögliche Erklärung für das Nichtvorhandensein eines messbaren Effektes kann die hohe Krankenhausdichte in Südbayern (dem primären Bezugsgebiet des Studienzentrums) sein. Dies erlaubt dem erstversorgenden Rettungsteam ein „Scoop-and-run“ Konzept zu verfolgen und damit die Verletzten ohne relevante Verzögerung ins nahegelegene Zielkrankenhaus zu transportieren. Von den verschiedenen Kovariaten (inklusive Unfallarten bzw. Beteiligung von Thorax, Abdomen und Beinen) in der Analyse zu dieser Fragestellung zeigte ausschließlich die Intubation einen relevanten Einfluss auf die Dauer der präklinischen Versorgung, was ebenfalls ein Ausdruck des „minimal Handlings“ auf der Unfallstelle sein kann. Allerdings ist die Etablierung von großlumigen Gefäßzugängen vor Ort als Mindestanforderung bei der Versorgung von Traumapatienten anzusehen. Dies kann bei adipösen Patienten durchaus erschwert sein. Möglicherweise wird aber genau bei diesen Patienten die Indikation zum intraossären Zugang großzügiger bzw. frühzeitig gestellt, weshalb kein relevanter Zeitverlust entsteht. Aufgrund des retrospektiven Designs kann die aktuelle Studie diese Frage nicht endgültig klären. Gleichzeitig muss man beachten, dass die mittlere präklinische Behandlungsdauer mit 68,5 Minuten relativ lang war. Möglicherweise ist diese Tatsache dem hohen Anteil an Verkehrsunfällen geschuldet, wo oft die Behandlungszeit primär durch die Komplexität der technischen Rettung beeinflusst wird.

Des Weiteren konnte eine negative Korrelation zwischen Adipositas und prähospitaler Volumentherapie festgestellt werden. Frühere Studien unter Brandverletzten konnten bereits einen Zusammenhang zwischen BMI und Flüssigkeitsgabe demonstrieren: Obesitas war mit einer restriktiveren Volumengabe assoziiert. (Rae et al. 2013; Liu et al. 2017) Eine weitere retrospektive Arbeit fand, dass adipöse Patienten unmittelbar nach Trauma signifikant weniger Flüssigkeit erhalten haben, was zu einer erhöhten Rate an hämorrhagischem Schock hat beitragen können. (Nelson et al. 2012) Trotzdem war in unserer Kohorte das Auftreten von hämorrhagischem Schock nicht erhöht bei adipösen Patienten.

Die inverse Korrelation zwischen Fettleibigkeit und Intubationsrate war in der untersuchten Patientenkollektiv eindeutig. Vermutlich spiegelt diese Beobachtung die Verunsicherung des erstversorgenden Notarztes wider, wenn bei einem adipösen Patienten die Sicherung der Atemwege erforderlich wird. Diese Angst ist nicht unbegründet, denn Obesitas bekannterweise mit einer erhöhten Rate an misslungener Intubation einhergeht. (Holmberg et al. 2011; Gaither et al. 2014). Dies kann dazu führen – vor allem in Regionen mit hoher Krankenhausdichte – dass die definitive Atemwegssicherung erst im Zielkrankenhaus (Schockraum) stattfindet. Möglicherweise kompensiert ein solches Vorgehen den bereits diskutierten Zeitverlust aufgrund erschwelter Venenpunktion bei adipösen Patienten.

4.2.3. Innerklinische Versorgung

Die Analyse der Schockraumversorgung konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Obesitas und Behandlungsdauer detektieren. Eine mögliche Auflösung für dieses unerwartete Ergebnis könnte am fest etablierten Trauma-Schockraumprotokoll mit streng einzuhaltenden Zeitgrenzen liegen. Eine kontinuierliche gegenseitige Kontrolle zwischen den in der Versorgung involvierten Fachdisziplinen soll sicherstellen, dass ein eventuell auftretendes Problem nicht zu einer relevanten Verzögerung führt. Ein klassisches Beispiel ist die FAST-Ultraschalluntersuchung (Focused Assessment with Sonography for Trauma), die bei adipösen Patienten aufgrund suboptimaler Schallbedingungen erschwert sein kann. In solchen Fällen sollte frühzeitig auf die nächste Eskalationsstufe -meistens CT-Diagnostik- übergegangen werden.

Unsere Analysen konnten keine Korrelation enthüllen zwischen Adipositas, Sarkopenie und den harten klinischen Endpunkten. Weder Beatmungsdauer, noch Gesamtverweildauer auf der Intensivstation wurden negativ beeinflusst durch diese pathologischen Zustände. Initialer SAPS-II-Score, Sepsis bzw. Multiorganversagen-Raten zeigten ebenfalls keinen Zusammenhang, weder mit Sarkopenie noch Adipositas. Des Weiteren war das anhand des Glasgow Outcome Scales definierte Outcome unabhängig von den erhobenen anthropometrischen Parametern. Wenn Adipositas und Sarkopenie die Morbidität bei isolierten Frakturen eindeutig negativ beeinflusst, warum bleibt dieser Effekt in polytraumatisierten Patienten (wie in der Studienpopulation) aus? Möglicherweise handelt es sich hier um ein Zusammenspiel diverser, protektiver- und Risikofaktoren, die sich gegenseitig auslöschen.

Es gibt immer mehr Evidenz, dass Fettgewebe in der frühen posttraumatischen Immunreaktion eine essentielle Rolle zukommt. Als Zeichen für die Aktivierung des Immunsystems finden sich posttraumatisch erhöhte Plasmakonzentrationen der Inflammationsparameter IL-6 und CRP (Andruszkow et al. 2013). IL-6 besitzt einen exzellenten prognostischen Wert nach Trauma (Cuschieri et al. 2010) und korreliert stark mit der Prävalenz von Multiorganversagen und Outcome. (Jawa et al. 2011). Übergewichtige Patienten können am ehesten als Zeichen eines chronischen entzündlichen Status- erhöhte basale Spiegel der Inflammationsmarker bzw. eine höhere Basis-Leukozytenzahl aufweisen. (Chen et al. 2009) Diese Tatsache erschwert die Beurteilung der laborchemischen Befunde nach Trauma erheblich. Auch in unserer Studie zeigte sich eine positive Korrelation zwischen Leukozytenzahl und Obesitas.

Darüber hinaus ist denkbar, dass jene Parameter, die die untersuchten Endpunkte des intensivmedizinischen Verlaufs nachweisbar beeinflussen -hoher AIS-Max-Score, schwere Kopf/Thoraxverletzung, hoher SAPS-II-Score am Tag 1- gegebenenfalls existierende Effekte der Körperkonstitution schlichtweg überschreiben.

4.3. Limitationen

Aufgrund des retrospektiven Designs kann die aktuelle Arbeit keinen kausalen Zusammenhang beweisen und die Ergebnisse sollten durch weitere Studien bestätigt werden. Die Schwierigkeiten bezüglich Datenerhebung bei dieser Studienart sind allgemein bekannt. In der aktuellen Studie wurden die Daten aus mehreren Quellen zusammengeführt, weshalb eventuell vorhandene Dokumentationslücken in jeglicher Datenbank sich auf die weitere Analyse einschränkend auswirkten.

Eine erhebliche Limitation stellt die Zuverlässigkeit der präklinischen Daten dar. Da die Dokumentation in einer Stresssituation angefertigt werden muss, können diverse Angaben -so

auch die eigene Erfahrung des Autors- grob geschätzt oder sogar fehlerhaft sein. Gleiches gilt natürlich für die initiale Schockraumversorgung, wobei hier das DGU-Protokoll im Idealfall durch ein Teammitglied geführt wird, das nicht direkt an der Patientenversorgung beteiligt ist. Bedauerlich ist die Tatsache, dass Körpergröße- und Gewicht nur so selten bestimmt worden waren dass nicht einmal ein orientierender Vergleich mit den CT-basierten Parametern möglich war. Ein solcher Vergleich wäre essentiell, wenn man die in der Einleitung dargestellten kontroversen Studienergebnissen besser beleuchten möchte. Allerdings ist bekannt, dass Schätzungen sowohl in der Präklinik bzw. im Schockraum als auch bei Intensivpatienten sehr ungenaue Werte liefern. (Hall et al. 2004; Bloomfield et al. 2006) Es existieren verlässliche Messmethoden zur Erfassung dieser Parameter auf der Intensivstation (Freitag et al. 2010), welche aber nur selten Anwendung finden.

Durch Aufnahme von möglichst viele Kovariaten in den Analysen wurde versucht evidenten beeinflussenden Faktoren Rechnung zu tragen. Nichtsdestotrotz gibt es weitere wichtige Aspekte, die nicht berücksichtigt werden konnten. Als Beispiel sei die viel diskutierte Meinung genannt, dass die Indikation zur Aufnahme auf eine Intensivstation bei adipösen Patienten großzügiger gestellt wird. Des Weiteren wurden im DGU-Register keine relevanten (internistischen) Vorerkrankungen dokumentiert. Auch während des Intensivaufenthaltes müsste man weitere Einflussfaktoren (z.B. Ernährungsregime, Häufigkeit von Wundinfektionen) berücksichtigen. Hier wiederum limitierte die Studienart die Möglichkeiten.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In der aktuellen Studie wurde die Validität einer CT-basierten Messmethodik geprüft, die eine gewebespezifische Charakterisierung des Körperaufbaus ermöglicht. In einer Reihe von Serienmessungen konnte eine hohe inter- und intraindividuelle Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gezeigt werden. Aufgrund der unbegrenzten Verfügbarkeit der notwendigen Software bzw. der schnellen Durchführbarkeit der Datenerhebung könnte die Methodik bei klinischen Fragestellungen eine interessante Option darstellen.

Mithilfe der Messmethodik wurden in einer Kohorte von erwachsenen polytraumatisierten Patienten Auswirkungen von Adipositas und Sarkopenie auf den präklinischen bzw. klinischen Verlauf untersucht. Trotz der festgestellten Auswirkungen in der prähospitalen Phase konnte kein Einfluss auf die Beatmungsdauer, Intensivaufenthalt und Outcome festgestellt werden. Durch weitere Studien mit prospektivem Design, möglichst mit Aufnahme sowohl klassischer anthropometrischer Indizes (BMI, WhR) als auch der in dieser Studie behandelten, CT-basierten Parameter könnte das „obesity paradox“ in der Zukunft besser verstanden oder sogar aufgelöst werden.

6. Literaturverzeichnis

- Andruszkow, H., J. Veh, P. Mommsen, C. Zeckey, F. Hildebrand, and M. Frink. 2013. 'Impact of the body mass on complications and outcome in multiple trauma patients: what does the weight weigh?', *Mediators Inflamm*, 2013: 345702.
- Ashwell, M., and S. Gibson. 2009. 'Waist to height ratio is a simple and effective obesity screening tool for cardiovascular risk factors: Analysis of data from the British National Diet And Nutrition Survey of adults aged 19-64 years', *Obes Facts*, 2: 97-103.
- Bloomfield, R., E. Steel, G. MacLennan, and D. W. Noble. 2006. 'Accuracy of weight and height estimation in an intensive care unit: Implications for clinical practice and research', *Crit Care Med*, 34: 2153-7.
- Boulanger, B. R., D. Milzman, K. Mitchell, and A. Rodriguez. 1992. 'Body habitus as a predictor of injury pattern after blunt trauma', *J Trauma*, 33: 228-32.
- Bürger, Max %J Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin. 1919. 'Beiträge zum Kreatininstoffwechsel', 9: 262-84.
- Burkinshaw, L. 1990. 'Some aspects of body composition in cancer', *Infusionstherapie*, 17 Suppl 3: 57-8.
- Chen, S. B., Y. C. Lee, K. H. Ser, J. C. Chen, S. C. Chen, H. F. Hsieh, and W. J. Lee. 2009. 'Serum C-reactive protein and white blood cell count in morbidly obese surgical patients', *Obes Surg*, 19: 461-6.
- Cohn, S. H., W. Gartenhaus, A. Sawitsky, K. Rai, I. Zanzi, A. Vaswani, K. J. Ellis, S. Yasumura, E. Cortes, and D. Vartsky. 1981. 'Compartmental body composition of cancer patients by measurement of total body nitrogen, potassium, and water', *Metabolism*, 30: 222-9.
- Cohn, S. H., D. Vartsky, S. Yasumura, A. Sawitsky, I. Zanzi, A. Vaswani, and K. J. Ellis. 1980. 'Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium, and calcium', *Am J Physiol*, 239: E524-30.
- Cuschieri, J., E. Bulger, V. Schaeffer, S. Sakr, A. B. Nathens, L. Hennessy, J. Minei, E. E. Moore, G. O'Keefe, J. Sperry, D. Remick, R. Tompkins, R. V. Maier, Inflammation, and Program the Host Response to Injury Collaborative Research. 2010. 'Early elevation in random plasma IL-6 after severe injury is associated with development of organ failure', *Shock*, 34: 346-51.
- de Koning, L., A. T. Merchant, J. Pogue, and S. S. Anand. 2007. 'Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies', *Eur Heart J*, 28: 850-6.
- Demerath, E. W., S. S. Sun, N. Rogers, M. Lee, D. Reed, A. C. Choh, W. Couch, S. A. Czerwinski, W. C. Chumlea, R. M. Siervogel, and B. Towne. 2007. 'Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation', *Obesity (Silver Spring)*, 15: 2984-93.
- Despres, J. P., and B. Lamarche. 1993. 'Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease', *Nutr Res Rev*, 6: 137-59.
- 'Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland, 1871 bis 2016'. 2018. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung. <https://www.bib.bund.de/Permalink.html?id=10208850>.
- Empana, J. P., P. Ducimetiere, M. A. Charles, and X. Jouven. 2004. 'Sagittal abdominal diameter and risk of sudden death in asymptomatic middle-aged men: the Paris Prospective Study I', *Circulation*, 110: 2781-5.
- Flodin, L., A. Laurin, J. Lokk, T. Cederholm, and M. Hedstrom. 2016. 'Increased 1-year survival and discharge to independent living in overweight hip fracture patients: A prospective study of 843 patients', *Acta Orthop*, 87: 146-51.

- Freitag, E., G. Edgecombe, I. Baldwin, B. Cottier, and M. Heland. 2010. 'Determination of body weight and height measurement for critically ill patients admitted to the intensive care unit: A quality improvement project', *Aust Crit Care*, 23: 197-207.
- Friedman, J., A. Lussiez, J. Sullivan, S. Wang, and M. Englesbe. 2015. 'Implications of sarcopenia in major surgery', *Nutr Clin Pract*, 30: 175-9.
- Fujimoto, W. Y., R. W. Bergstrom, E. J. Boyko, K. W. Chen, D. L. Leonetti, L. Newell-Morris, J. B. Shofer, and P. W. Wahl. 1999. 'Visceral adiposity and incident coronary heart disease in Japanese-American men. The 10-year follow-up results of the Seattle Japanese-American Community Diabetes Study', *Diabetes Care*, 22: 1808-12.
- Gaither, J. B., D. W. Spaite, U. Stolz, J. Ennis, J. Mosier, and J. J. Sakles. 2014. 'Prevalence of difficult airway predictors in cases of failed prehospital endotracheal intubation', *J Emerg Med*, 47: 294-300.
- Glance, L. G., Y. Li, T. M. Osler, D. B. Mukamel, and A. W. Dick. 2014. 'Impact of obesity on mortality and complications in trauma patients', *Ann Surg*, 259: 576-81.
- Hall, W. L., 2nd, G. L. Larkin, M. J. Trujillo, J. L. Hinds, and K. A. Delaney. 2004. 'Errors in weight estimation in the emergency department: comparing performance by providers and patients', *J Emerg Med*, 27: 219-24.
- Hanna, J. S. 2015. 'Sarcopenia and critical illness: a deadly combination in the elderly', *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 39: 273-81.
- Hasselager, R., and I. Gogenur. 2014. 'Core muscle size assessed by perioperative abdominal CT scan is related to mortality, postoperative complications, and hospitalization after major abdominal surgery: a systematic review', *Langenbecks Arch Surg*, 399: 287-95.
- Holmberg, T. J., S. M. Bowman, K. J. Warner, M. S. Vavilala, E. M. Bulger, M. K. Copass, and S. R. Sharar. 2011. 'The association between obesity and difficult prehospital tracheal intubation', *Anesth Analg*, 112: 1132-8.
- Hunter, G. R., S. W. Snyder, T. Kekes-Szabo, C. Nicholson, and L. Berland. 1994. 'Intra-abdominal adipose tissue values associated with risk of possessing elevated blood lipids and blood pressure', *Obes Res*, 2: 563-8.
- Irlbeck, T., S. Janitza, B. Poros, M. Golebiewski, L. Frey, P. M. Paprottka, T. da Silva, M. Irlbeck, W. Bocker, and T. Weig. 2018. 'Quantification of Adipose Tissue and Muscle Mass Based on Computed Tomography Scans: Comparison of Eight Planimetric and Diametric Techniques Including a Step-By-Step Guide', *Eur Surg Res*, 59: 23-34.
- Irlbeck, T., J. M. Massaro, F. Bamberg, C. J. O'Donnell, U. Hoffmann, and C. S. Fox. 2010. 'Association between single-slice measurements of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with volumetric measurements: the Framingham Heart Study', *Int J Obes (Lond)*, 34: 781-7.
- Jawa, R. S., S. Anillo, K. Huntoon, H. Baumann, and M. Kulaylat. 2011. 'Interleukin-6 in surgery, trauma, and critical care part II: clinical implications', *J Intensive Care Med*, 26: 73-87.
- Jones, K. I., B. Doleman, S. Scott, J. N. Lund, and J. P. Williams. 2015. 'Simple psoas cross-sectional area measurement is a quick and easy method to assess sarcopenia and predicts major surgical complications', *Colorectal Dis*, 17: O20-6.
- Joseph, B., B. Zangbar, A. A. Haider, N. Kulvatunyou, M. Khalil, A. Tang, T. O'Keeffe, R. S. Friese, T. Orouji Jokar, G. Vercautse, R. Latifi, and P. Rhee. 2015. 'Hips don't lie: Waist-to-hip ratio in trauma patients', *J Trauma Acute Care Surg*, 79: 1055-61.
- Kahn, H. S., Q. Gu, K. M. Bullard, D. S. Freedman, N. Ahluwalia, and C. L. Ogden. 2014. 'Population distribution of the sagittal abdominal diameter (SAD) from a representative sample of US adults: comparison of SAD, waist circumference and body mass index for identifying dysglycemia', *PLoS One*, 9: e108707.

- Kahn, H. S., H. Rissanen, K. M. Bullard, and P. Knekt. 2014. 'The population distribution of the sagittal abdominal diameter (SAD) and SAD/height ratio among Finnish adults', *Clin Obes*, 4: 333-41.
- Kim, T. Y., M. Y. Kim, J. H. Sohn, S. M. Kim, J. A. Ryu, S. Lim, and Y. Kim. 2014. 'Sarcopenia as a useful predictor for long-term mortality in cirrhotic patients with ascites', *J Korean Med Sci*, 29: 1253-9.
- Klein, S., L. Fontana, V. L. Young, A. R. Coggan, C. Kilo, B. W. Patterson, and B. S. Mohammed. 2004. 'Absence of an effect of liposuction on insulin action and risk factors for coronary heart disease', *N Engl J Med*, 350: 2549-57.
- Lapidus, L., C. Bengtsson, B. Larsson, K. Pennert, E. Rybo, and L. Sjostrom. 1984. 'Distribution of adipose tissue and risk of cardiovascular disease and death: a 12 year follow up of participants in the population study of women in Gothenburg, Sweden', *Br Med J (Clin Res Ed)*, 289: 1257-61.
- Lean, M. E., T. S. Han, and C. E. Morrison. 1995. 'Waist circumference as a measure for indicating need for weight management', *BMJ*, 311: 158-61.
- Lee, C. M., R. R. Huxley, R. P. Wildman, and M. Woodward. 2008. 'Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis', *J Clin Epidemiol*, 61: 646-53.
- Leeper, C. M., E. Lin, M. Hoffman, A. Fombona, T. Zhou, M. Kutcher, M. Rosengart, G. Watson, T. Billiar, A. Peitzman, B. Zuckerbraun, and J. Sperry. 2016. 'Computed tomography abbreviated assessment of sarcopenia following trauma: The CAAST measurement predicts 6-month mortality in older adult trauma patients', *J Trauma Acute Care Surg*, 80: 805-11.
- Lemieux, S., J. P. Despres, S. Moorjani, A. Nadeau, G. Theriault, D. Prud'homme, A. Tremblay, C. Bouchard, and P. J. Lupien. 1994. 'Are gender differences in cardiovascular disease risk factors explained by the level of visceral adipose tissue?', *Diabetologia*, 37: 757-64.
- Lin, G-M. 2014. 'The "obesity–mortality paradox" in severely traumatic patients in intensive care unit', *Injury*, 45: 1799.
- Liu, N. T., C. A. Fenrich, M. L. Serio-Melvin, W. C. Peterson, L. C. Cancio, and J. Salinas. 2017. 'The impact of patient weight on burn resuscitation', *J Trauma Acute Care Surg*, 83: S112-S119.
- Liu, T., J. J. Chen, X. J. Bai, G. S. Zheng, and W. Gao. 2013. 'The effect of obesity on outcomes in trauma patients: a meta-analysis', *Injury*, 44: 1145-52.
- Machann, J., C. Thamer, B. Schnoedt, N. Stefan, M. Stumvoll, H. U. Haring, C. D. Claussen, A. Fritsche, and F. Schick. 2005. 'Age and gender related effects on adipose tissue compartments of subjects with increased risk for type 2 diabetes: a whole body MRI/MRS study', *MAGMA*, 18: 128-37.
- Matsuzawa, Y. 2006. 'Therapy Insight: adipocytokines in metabolic syndrome and related cardiovascular disease', *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*, 3: 35-42.
- Maurovich-Horvat, P., J. Massaro, C. S. Fox, F. Moselewski, C. J. O'Donnell, and U. Hoffmann. 2007. 'Comparison of anthropometric, area- and volume-based assessment of abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue volumes using multi-detector computed tomography', *Int J Obes (Lond)*, 31: 500-6.
- Mensink, G. B., A. Schienkiewitz, M. Haftenberger, T. Lampert, T. Ziese, and C. Scheidt-Nave. 2013. '[Overweight and obesity in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1)]', *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 56: 786-94.

- Moisey, L. L., M. Mourtzakis, B. A. Cotton, T. Premji, D. K. Heyland, C. E. Wade, E. Bulger, R. A. Kozar, Nutrition, and Consortium Rehabilitation Investigators. 2013. 'Skeletal muscle predicts ventilator-free days, ICU-free days, and mortality in elderly ICU patients', *Crit Care*, 17: R206.
- Nelson, J., A. T. Billeter, B. Seifert, V. Neuhaus, O. Trentz, C. K. Hofer, and M. Turina. 2012. 'Obese trauma patients are at increased risk of early hypovolemic shock: a retrospective cohort analysis of 1,084 severely injured patients', *Crit Care*, 16: R77.
- Nesterov, S. V., E. Deshayes, R. Sciagra, L. Settimo, J. M. Declerck, X. B. Pan, K. Yoshinaga, C. Katoh, P. J. Slomka, G. Germano, C. Han, V. Aalto, A. M. Alessio, E. P. Ficaro, B. C. Lee, S. G. Nekolla, K. L. Gwet, R. A. deKemp, R. Klein, J. Dickson, J. A. Case, T. Bateman, J. O. Prior, and J. M. Knuuti. 2014. 'Quantification of myocardial blood flow in absolute terms using (82)Rb PET imaging: the RUBY-10 Study', *JACC Cardiovasc Imaging*, 7: 1119-27.
- Nicklas, B. J., B. W. Penninx, A. S. Ryan, D. M. Berman, N. A. Lynch, and K. E. Dennis. 2003. 'Visceral adipose tissue cutoffs associated with metabolic risk factors for coronary heart disease in women', *Diabetes Care*, 26: 1413-20.
- Niedziela, J., B. Hudzik, N. Niedziela, M. Gasior, M. Gierlotka, J. Wasilewski, K. Myrda, A. Lekston, L. Polonski, and P. Rozentryt. 2014. 'The obesity paradox in acute coronary syndrome: a meta-analysis', *Eur J Epidemiol*, 29: 801-12.
- 'Nutrition, Physical Activity and Obesity: Germany'. 2013. WHO. http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0011/243299/Germany-WHO-Country-Profile.pdf?%20ua=1.
- Ohlson, L. O., B. Larsson, K. Svardsudd, L. Welin, H. Eriksson, L. Wilhelmsen, P. Bjorntorp, and G. Tibblin. 1985. 'The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus. 13.5 years of follow-up of the participants in the study of men born in 1913', *Diabetes*, 34: 1055-8.
- Oreopoulos, A., R. Padwal, K. Kalantar-Zadeh, G. C. Fonarow, C. M. Norris, and F. A. McAlister. 2008. 'Body mass index and mortality in heart failure: a meta-analysis', *Am Heart J*, 156: 13-22.
- Osborne, Z., B. Rowitz, H. Moore, U. Oliphant, J. Butler, M. Olson, and J. Aucar. 2014. 'Obesity in trauma: outcomes and disposition trends', *Am J Surg*, 207: 387-92; discussion 91-2.
- Paolini, J. B., J. Mancini, M. Genestal, H. Gonzalez, R. E. McKay, K. Samii, and O. A. Fourcade. 2010. 'Predictive value of abdominal obesity vs. body mass index for determining risk of intensive care unit mortality', *Crit Care Med*, 38: 1308-14.
- Paris, M. T., M. Mourtzakis, A. Day, R. Leung, S. Watharkar, R. Kozar, C. Earthman, A. Kuchnia, R. Dhaliwal, L. Moisey, C. Compher, N. Martin, M. Nicolo, T. White, H. Roosevelt, S. Peterson, and D. K. Heyland. 2017. 'Validation of Bedside Ultrasound of Muscle Layer Thickness of the Quadriceps in the Critically Ill Patient (VALIDUM Study)', *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 41: 171-80.
- Pischon, T., H. Boeing, K. Hoffmann, M. Bergmann, M. B. Schulze, K. Overvad, Y. T. van der Schouw, E. Spencer, K. G. Moons, A. Tjonneland, J. Halkjaer, M. K. Jensen, J. Stegger, F. Clavel-Chapelon, M. C. Boutron-Ruault, V. Chajes, J. Linseisen, R. Kaaks, A. Trichopoulou, D. Trichopoulos, C. Bamia, S. Sieri, D. Palli, R. Tumino, P. Vineis, S. Panico, P. H. Peeters, A. M. May, H. B. Bueno-de-Mesquita, F. J. van Duijnhoven, G. Hallmans, L. Weinehall, J. Manjer, B. Hedblad, E. Lund, A. Agudo, L. Arriola, A. Barricarte, C. Navarro, C. Martinez, J. R. Quiros, T. Key, S. Bingham, K. T. Khaw, P. Boffetta, M. Jenab, P. Ferrari, and E. Riboli. 2008. 'General and abdominal adiposity and risk of death in Europe', *N Engl J Med*, 359: 2105-20.

- Pouliot, M. C., J. P. Despres, S. Lemieux, S. Moorjani, C. Bouchard, A. Tremblay, A. Nadeau, and P. J. Lupien. 1994. 'Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women', *Am J Cardiol*, 73: 460-8.
- Rae, L., T. N. Pham, G. Carrougher, S. Honari, N. S. Gibran, B. D. Arnoldo, R. L. Gamelli, R. G. Tompkins, and D. N. Herndon. 2013. 'Differences in resuscitation in morbidly obese burn patients may contribute to high mortality', *J Burn Care Res*, 34: 507-14.
- See, R., S. M. Abdullah, D. K. McGuire, A. Khera, M. J. Patel, J. B. Lindsey, S. M. Grundy, and J. A. de Lemos. 2007. 'The association of differing measures of overweight and obesity with prevalent atherosclerosis: the Dallas Heart Study', *J Am Coll Cardiol*, 50: 752-9.
- Shrout, P. E., and J. L. Fleiss. 1979. 'Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability', *Psychol Bull*, 86: 420-8.
- Tagliaferri, F., C. Compagnone, N. Yoganandan, and T. A. Gennarelli. 2009. 'Traumatic brain injury after frontal crashes: relationship with body mass index', *J Trauma*, 66: 727-9.
- Veghari, G., M. Sedaghat, H. Joshaghani, S. Banihashem, P. Moharloeii, A. Angizeh, E. Tazik, A. Moghaddami, K. Hajian-Tilaki, and Y. Zahedpasha. 2014. 'The association of fasting blood glucose (FBG) and waist circumference in northern adults in Iran: a population based study', *J Diabetes Metab Disord*, 13: 2.
- von Eyben, F. E., E. Mouritsen, J. Holm, P. Montvilas, G. Dimcevski, G. Suci, I. Helleberg, L. Kristensen, and R. von Eyben. 2003. 'Intra-abdominal obesity and metabolic risk factors: a study of young adults', *Int J Obes Relat Metab Disord*, 27: 941-9.
- Wajchenberg, B. L. 2000. 'Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome', *Endocr Rev*, 21: 697-738.
- Wang, Z. M., Y. G. Sun, and S. B. Heymsfield. 1996. 'Urinary creatinine-skeletal muscle mass method: a prediction equation based on computerized axial tomography', *Biomed Environ Sci*, 9: 185-90.
- Weijs, P. J., W. G. Looijaard, I. M. Dekker, S. N. Stapel, A. R. Girbes, H. M. Oudemans-van Straaten, and A. Beishuizen. 2014. 'Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients', *Crit Care*, 18: R12.
- Williams, M. J., G. R. Hunter, T. Kekes-Szabo, M. S. Trueth, S. Snyder, L. Berland, and T. Blaudeau. 1996. 'Intra-abdominal adipose tissue cut-points related to elevated cardiovascular risk in women', *Int J Obes Relat Metab Disord*, 20: 613-7.
- Yamauchi, Y., W. Hasegawa, H. Yasunaga, M. Sunohara, T. Jo, K. Takami, H. Matsui, K. Fushimi, and T. Nagase. 2014. 'Paradoxical association between body mass index and in-hospital mortality in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease in Japan', *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 9: 1337-46.
- Zhu, Q., F. Shen, T. Ye, Q. Zhou, H. Deng, and X. Gu. 2014. 'Waist-to-height ratio is an appropriate index for identifying cardiometabolic risk in Chinese individuals with normal body mass index and waist circumference', *J Diabetes*, 6: 527-34.

7. Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Analyse der Auswirkungen von Sarkopenie und Adipositas bei polytraumatisierten Patienten mithilfe anthropometrischer Messungen“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 14.02.2020

Ort, Datum

Poros Balázs

Unterschrift Doktorand