

Aus der Klinik für Neurologie
(Direktorin: Prof. Dr. med. Daniela Berg)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Zusammenhang zwischen dem
Multidimensional Prognostic Index und der
körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität in einer
stationären geriatrischen Kohorte**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Antonia Mareen Birkenbach

aus **Püttlingen, Saar**

Kiel **[2024]**

1. Berichtersteller: Prof. Dr. med. Walter Maetzler, Klinik für Neurologie
2. Berichtersteller: Prof. Dr. med. Babak Moradi, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Tag der mündlichen Prüfung: 17.10.2025

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 11.07.2025

gez.: Priv.-Doz. Dr. med. Julia Forstenpointner, Klinik für Neurologie
(Vorsitzende der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund.....	1
1.2 Geriatrische Medizin.....	6
1.3 Körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter	8
1.4 Der Multidimensional Prognostic Index (MPI)	12
1.5 Fragestellung.....	14
2 Methoden	15
2.1 ComOn-Studie.....	15
2.1.1 Durchführung	16
2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien in die Datenauswertung.....	17
2.2 Multidimensional Prognostic Index.....	19
2.3 Weitere, einflussnehmende Parameter	22
2.4 Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität.....	23
2.4.1 Schrittzahl	23
2.4.2 SPPB – Gesamtpunktzahl	24
2.4.3 Maximale Handgreifkraft	26
2.5 Statistische Auswertung	27
3 Ergebnisse	30
3.1 Deskriptive Statistik	30
3.1.1 Demographische Daten	30
3.1.2 MPI.....	32
3.1.3 Einflussnehmende Parameter.....	33
3.1.4 Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität	34

3.2	Korrelationsanalyse	35
3.3	Multiple lineare Regressionsanalyse	39
3.3.1	Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit	40
3.3.2	Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit.....	41
3.3.3	SPPB-Gesamtpunktzahl	42
3.3.4	Maximale Handgreifkraft	43
4	Diskussion.....	44
4.1	Zusammenfassung und Bedeutung der Hauptergebnisse	44
4.1.1	Eignung der Schrittzahl als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen.....	45
4.1.2	Eignung der SPPB-Gesamtpunktzahl als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen	46
4.1.3	Eignung der maximalen Handgreifkraft als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen	48
4.2	Kritische Prüfung des MPI	51
4.3	Allgemeine Limitationen	57
5	Zusammenfassung	59
	Literaturverzeichnis	61
	Appendix	76
	Danksagung	81

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Zeitlicher Ablauf des Assessments der ComOn-Studie	17
Abbildung 2: Ein- und Ausschlussprozess der im Messzeitraum erfassten Datensätze in die statistischen Analysen	18
Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der MPI-Werte in der untersuchten Kohorte	32
Abbildung 4: Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable.....	40
Abbildung 5: Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable	41
Abbildung 6: Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der SPPB-Gesamtpunktzahl als abhängige Variable	42
Abbildung 7: Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der maximalen Handgreifkraft als abhängige Variable.....	43

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: MPI – Zusammensetzung und Berechnung	22
Tabelle 2: SPPB – Durchführung und Auswertung	25
Tabelle 3: Demographische Daten I.....	30
Tabelle 4: Demographische Daten II.....	31
Tabelle 5: Demographische Daten III.....	34
Tabelle 6: Korrelationsanalyse nach Pearson I.....	35
Tabelle 7: Korrelationsanalyse nach Pearson II.....	36
Tabelle 8: Korrelationsanalyse nach Pearson bzw. Spearman III.....	37
Tabelle 9: Korrelationsanalyse nach Pearson IV	38

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADL	Activities of Daily Living
β	standardisierter Regressionskoeffizient
BMI	Body-Mass-Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CGA	Comprehensive Geriatric Assessment
CIRS	Cumulative Illness Rating Scale
CI	Comorbidity Index
ComOn	Cognitive and Motor interactions in older populations
ebd.	ebenda (dieselbe, direkt zuvor angegebene Quellenangabe)
EBM	Einheitlicher Bewertungsmaßstab
ESS	Exton-Smith Scale
g	Fallbeschleunigung
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
iADL	Instrumental Activities of Daily Living
kg	Kilogramm
m	Meter
MNA-SF	Mini Nutritional Assessment (Short Form)
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
MPI	Multidimensional Prognostic Index
N	Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit
n.d.	no date / ohne Datum
p	Signifikanzniveau
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
R^2	Bestimmtheitsmaß
ρ	Korrelationskoeffizient nach Spearman
s.	siehe
SD	standard deviation (Standardabweichung)
SPPB	Short Physical Performance Battery
SPMSQ	Short Portable Mental Status Questionnaire
UKSH	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
VIF	variance influence factor

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Eine mit dem demografischen Wandel seit einigen Jahren einhergehende Entwicklung in der Bevölkerung ist die steigende Zahl älterer Menschen und die zugleich sinkende Zahl von Menschen im jüngeren Alter. Laut vom statistischen Bundesamt veröffentlichten Daten ist die Anzahl der Personen in Deutschland, die 70 Jahre und älter sind, zwischen 1990 und 2022 von 8 auf 14 Millionen gestiegen und soll auch in Zukunft weiter steigen (Statistisches Bundesamt, 2022, p. 2). Die Zahl von Senior*innen ab 67 Jahren soll in den nächsten 20 Jahren um fünf bis sechs Millionen anwachsen, wohingegen sich die Zahl an Erwerbsfähigen zwischen 20 und 66 Jahren weiter verringern wird (Statistisches Bundesamt, 2019, p. 24; Statistisches Bundesamt, 2022).

In der Altersforschung wird das Altern als fortschreitender Verlust der physiologischen Unversehrtheit definiert, der zu funktionellen Beeinträchtigungen und einer erhöhten Sterbewahrscheinlichkeit führt (López-Otín et al., 2013). Die Mechanismen, die diesem Alterungsprozesses zugrunde liegen, sowie zelluläre und molekulare Kennzeichen des Alterns sind seit Jahren Interessensgebiet der Forschung (López-Otín et al., 2023). Aktuell wird davon ausgegangen, dass es sich um einen multifaktoriellen Prozess handelt, welchen genetische Faktoren zu etwa 10-15 Prozent bestimmen und in dem sonst vor allem der individuelle Lebensstil und äußere Umwelteinflüsse eine Rolle spielen (Melzer et al., 2020).

Einhergehend mit diesem fortschreitenden Alterungsprozess nehmen auch gesundheitliche Einschränkungen wie Gebrechlichkeit, körperliche und geistige Behinderung sowie Krankheit zu. Im Rahmen des demografischen Wandels ist neben einem Anstieg der Anzahl alter Menschen auch mit einem Anstieg der Anzahl kranker Menschen in der Bevölkerung zu rechnen (Kirkwood, 2008). Dies zeigt sich in der aktuellen Entwicklung sowohl quantitativ anhand der steigenden Prävalenz von Krankheiten, als auch qualitativ in der Zunahme der Komplexität der Krankheiten und den damit einhergehenden Beeinträchtigungen (Böhm et al., 2008).

Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, wie Störungen in Gang und Gleichgewicht, spielen dabei eine zunehmende Rolle und weisen bei Menschen über 70 Jahren eine Prävalenz von 35 Prozent auf (Verghese et al., 2006). Sie haben häufig tiefgreifende Auswirkungen auf das Leben der Betroffenen und erhöhen die Mortalität (ebd.; B. W. Penninx et al., 2000). Die Ursachen und Zusammenhänge von Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität besser zu verstehen ist entscheidend, um in der Folge Prädiktoren für motorische Funktionseinschränkungen von geriatrischen Patient*innen zu entwickeln (Kudelka et al., 2022). Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität gehen mit folgenschweren Konsequenzen für die alternden Betroffenen selbst, deren Angehörige und die Solidargemeinschaft einher (Stein & Riedel-Heller, 2023). Zu diesen Konsequenzen zählen auf Ebene des Individuums funktionelle Einschränkungen mit Verlust von Unabhängigkeit und Lebensqualität, welche wiederum mit einem wachsenden Bedarf an Unterstützung in der Alltagsbewältigung sowie mit Pflegebedürftigkeit, Institutionalisierung und erhöhter Mortalität einhergehen.

In diesem Kontext spielt die Geriatrie als interdisziplinäre Fachrichtung, welche sich mit Themen wie Prävention, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation der Gesundheitsprobleme von älteren Menschen befasst, sowohl heute als auch in Zukunft eine wichtige Rolle (Lübke et al., 2015).

Darüber hinaus verlaufen die im Alter auftretenden Erkrankungen häufig chronisch und irreversibel. Mehr als die Hälfte aller Menschen in Deutschland, die 65 Jahre und älter sind, leiden an mindestens einer chronischen Erkrankung (Nowossadeck, 2012). Zudem steigt auch der Anteil älterer Menschen, die an mehreren chronischen Krankheiten gleichzeitig leiden (Jani et al., 2019). Leiden Patient*innen an mindestens zwei chronischen Krankheiten, so spricht man von Multimorbidität (Ho et al., 2022). Multimorbidität ist mit einer höheren Anzahl an Krankenhauseinweisungen und Medikamentenverordnungen sowie einem erhöhten Sterblichkeitsrisiko assoziiert (Palladino et al., 2016; St John et al., 2014). Zudem besteht eine analoge Beziehung zwischen Multimorbidität und kognitiven und körperlichen Einschränkungen, welche sich gegenseitig verstärken und dadurch die Teilhabe am Alltag der Betroffenen begrenzen (Calderón-Larrañaga et al., 2019).

Der demografische Wandel bringt auch für gesundheitspolitische Bereiche aktuelle und zukünftige Herausforderungen mit sich, wie beispielsweise das Erfüllen des pflegerischen und ärztlichen Versorgungsauftrages oder die Deckung der Kosten des Gesundheitssystems (Robert Koch-Institut, 2015, p.450). Daraus entsteht die Notwendigkeit, die vorhandenen, begrenzten medizinischen und wirtschaftlichen Ressourcen wie Behandlungszeit, Einrichtungen und Finanzierungsmittel bestmöglich und gezielt einzusetzen (Deutscher Ethikrat, 2011). Studienergebnisse der letzten Jahre zeigten, dass fast die Hälfte der finanziellen Mittel, welche bundesweit für den Erhalt der Gesundheit und die Linderung von Krankheiten ausgegeben wurden, der Versorgung von Menschen der Altersgruppe ab 65 Jahren diene (Noethen, 2011). Dieser Trend bestätigte sich auch in vom Statistischen Bundesamt im Jahre 2020 veröffentlichten Daten: mit fortschreitendem Alter nahmen die Krankheitskosten deutlich zu, und über die Hälfte der in der Bevölkerung entstandenen Krankheitskosten entfiel auf den Anteil der ≥ 65 -Jährigen (Statistisches Bundesamt, 2022a). Die höchsten Kosten pro Kopf lagen dabei bei den ≥ 85 -Jährigen vor, welche fast fünfmal so hoch wie im Bevölkerungsdurchschnitt waren (ebd.).

In diesem Kontext ist es umso wichtiger, dass Prozesse klinischer Entscheidungsfindungen, standardisierte Interventionen und die Kontrolle der Kostenwirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen stetig optimiert werden (Rizzuto et al., 2017). In Hinblick auf die aktuelle Patientenversorgung, die in sogenannte Sektoren gegliedert ist, wobei vor allem zwischen dem ambulanten und stationären Sektor unterschieden wird, ist eine adäquate intersektorielle Versorgung von älteren Menschen notwendig und fördert einen möglichst langen Funktionserhalt (Struckmann et al., 2021). Je länger ältere Menschen ihren Alltag selbstständig bewältigen und je weniger sie zusätzliche Pflegeleistungen oder Heimunterbringungen beanspruchen, desto weniger Ressourcen des Gesundheitssystems werden für ihre Versorgung benötigt (Arenz, 2020, p.9).

In diesem Zusammenhang gewinnt der Einsatz von objektivierbaren Entscheidungshilfen wie risikostratifizierenden Indizes und Scores zur Steuerung von Patient*innen in ambulante und klinische Behandlungspfade zunehmend an Bedeutung (Steinman et al., 2023). Ein aktuell bereits regelmäßig angewandtes Beispiel aus dem klinischen Alltag ist der CRB-65-Index bei ambulant erworbener Pneumonie, der anhand von vier objektiven Kriterien (Vigilanzänderung,

Atemfrequenz, Blutdruck und Alter) das ärztliche Personal bei der Einordnung des Schweregrades der Erkrankung und des Risikos zu versterben sowie der Bestimmung des am besten geeigneten Versorgungsortes unterstützt (McNally et al., 2010).

In der Versorgung geriatrischer Patient*innen kann ein *Comprehensive Geriatric Assessment* eingesetzt werden (CGA), welches der umfassenden qualitativen und quantitativen Beurteilung des Gesundheitszustandes sowie der Lebenssituation dient. Ziel der Erhebung des CGA ist die Entwicklung von individuellen Therapieansätzen sowie die Verbesserung der Versorgung älterer Menschen (Briggs et al., 2022). Aus dem CGA abgeleitete, individuell auf die Situation der Patient*innen angepasste Diagnostik, Therapie sowie entsprechend formulierte Entlassungsziele können den Krankheitsverlauf erheblich verbessern (Ellis et al., 2011). Anfang März 2024 wurde die neue S3-Leitlinie „Umfassendes Geriatrisches Assessment (CGA) bei hospitalisierten Patient*innen“ veröffentlicht, was die Relevanz und Aktualität des CGA bekräftigt.

Hervorgehend aus dem CGA wurde der *Multidimensional Prognostic Index* (MPI) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein Prognosewerkzeug, welches die zu erwartende Sterblichkeit von geriatrischen Patient*innen innerhalb der nächsten zwölf Monate angibt (Cruz-Jentoft et al., 2020). Der MPI basiert auf einer umfassenden geriatrischen Beurteilung, in welche Angaben zur aktuellen Lebenssituation und Alltagsbewältigung, Kognition, Ernährung und gesundheitlicher Verfassung der Patient*innen einfließen. Aspekte körperlicher Leistungsfähigkeit und Mobilität fließen lediglich anhand von subjektiven Angaben der Patient*innen im Rahmen von standardisierten Fragebögen und nicht explizit als Variablen in die Berechnung des MPIs mit ein. Körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität sind wichtige Bestandteile der Selbstständigkeit eines Menschen und tragen zur Gesundheit bei (Zeyfang et al., 2013). Die meist mit steigendem Alter zunehmende Immobilität führt zur Zunahme von Erkrankungen und dürfte die Wahrscheinlichkeit zu versterben erhöhen. An diesem Punkt setzt diese Arbeit an.

Das Ziel dieser Querschnittsstudie war es zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen dem MPI – beispielsweise als globales Maß für fehlende Ressourcen – mit Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität besteht und wenn ja, mit welchen dieser besonders stark ist. Infolgedessen soll im Rahmen dieser Arbeit

untersucht werden, ob der MPI Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität eventuell sogar „vorhersagen“ kann.

Zu Beginn sollen zunächst die Besonderheiten des Fachgebietes der Geriatrie und die dieses im Rahmen des demografischen Wandels betreffenden Herausforderungen genauer erläutert werden. In Folge wird auf die Bedeutung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter sowie die Entstehung und Auswirkung von Mobilitätseinschränkungen bei geriatrischen Patient*innen eingegangen. Anschließend folgt eine einführende Darstellung des MPI.

Die Einleitung verfolgt das Ziel, die wissenschaftlichen Grundlagen dieser Arbeit nachvollziehbar darzustellen. Im Anschluss werden die Methoden und Materialien geschildert, mit denen die Daten dieser Arbeit erhoben und verarbeitet wurden, und die Ergebnisse transparent vorgestellt. Abschließend sollen die im Rahmen dieser Arbeit erlangten Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand eingeordnet und diskutiert sowie weiterführende Forschungsfragen formuliert werden, die einen Beitrag zu einem möglichst zukunftsorientierten Umgang mit geriatrischen Patient*innen und deren Gesundheitsproblemen leisten sollen.

1.2 Geriatrische Medizin

Das Fachgebiet der Geriatrie, auch als die Altersmedizin bezeichnet, setzt sich mit den speziellen Gesundheitsproblemen älterer Menschen und deren präventiven, akuten, chronischen und rehabilitativen Behandlungen auseinander (Thiesemann, 2009). Dabei greift die Altersmedizin nicht ab einer streng festgelegten Altersgrenze. Laut der Definition, die gemeinsam von der deutschen Gesellschaft für Geriatrie und dem Bundesverband Geriatrie e.V. erarbeitet wurde, sind geriatrische Patient*innen durch das Vorliegen von einer oder mehreren alterstypischen Erkrankungen und ein höheres Lebensalter von durchschnittlich über 70 Jahren gekennzeichnet (Neubart, 2018, p.10). Häufig handelt es sich um eine multimorbide Klientel (\geq zwei chronische Erkrankungen), sodass andere Behandlungsstrategien als bei jüngeren Patient*innen erforderlich sind (ebd.; Hüllemann & Baron, 2019, p.276).

Die Altersmedizin verfolgt unter Einbeziehung der Lebens- und Krankheitsumstände der Patient*innen vor allem das Ziel, den funktionellen Status sowie die Lebensqualität und Selbstständigkeit zu erhalten und zu verbessern (Lübke et al., 2015, p.3). Dabei wird ein möglichst ganzheitlicher, individualisierter Behandlungsansatz verfolgt und von der an einem Organsystem orientierten Medizin abgewichen. Es werden in die Betrachtung und die daraus abgeleiteten Therapien körperliche, funktionelle sowie geistige und soziale Aspekte der Patient*innen miteinbezogen (Thiesemann, 2009).

Einen entscheidenden Prozessschritt in der geriatrischen Behandlung stellt das CGA als umfassendes geriatrisches Assessment dar (Neubart, 2018, p.99). Im Rahmen des CGA werden multidimensional und systematisch Informationen zu physischer und psychischer Gesundheit, dem funktionellen Status sowie sozioökonomische Parameter der Patient*innen erfasst und bewertet (Polidori, 2017). Wenn das CGA in geeigneter Weise im akutstationären Setting eingesetzt wird, kann es die Diagnosestellung, Behandlung und den weiteren Verlauf nach Entlassung, unter anderem gemessen an Rehospitalisierungsrate und Mortalität, verbessern (Ellis et al., 2011). Des Weiteren können CGA-basierte, prädiktive Parameter zusätzliche Informationen zu Prognose und Lebenserwartung der geriatrischen Patient*innen geben und Probleme im Frühstadium identifizieren (Hofer et al., 2017; Polidori, 2017).

Die Umsetzung des CGAs und der daraus abgeleiteten Konsequenzen erfordert eine multiprofessionelle, zielgerichtete Zusammenarbeit in einem interdisziplinären Team

(Lübke et al., 2015, p.3). Das geriatrische Team setzt sich aus ärztlichen, pflegerischen, physio-, ergo- und sprachtherapeutischen, psychologischen, sozialarbeiterischen und ernährungsberatenden Kompetenzen zusammen (Neubart et al., 2018, p.27).

Die gängigsten geriatrischen Krankheitsbilder sind neben Schwindel, Hör- und Sehstörungen, Harn- und Stuhlinkontinenz, Mangel- und Fehlernährung, kognitiver Verschlechterung, Depression und Immobilität vor allem Gang- und Gleichgewichtsstörungen (Stein & Riedel-Heller, 2023; Larsen, 2021, pp. 374-376). Diese gehen mit einer erhöhten Sturzneigung und sturzbedingten Verletzungen einher (ebd.). Erkrankungen im höheren Alter können sich atypisch präsentieren, was eine adäquate Diagnosestellung und Behandlung erschweren und verzögern kann (Peters, 2010). Zudem wirken sich diese nicht nur auf somatische, sondern auch auf funktionelle und soziale Aspekte aus. Erkrankungen im höheren Alter führen häufig zu Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, psychosozialen Rückzug und dem Verlust der selbstständigen Lebensführung und Alltagsbewältigung (Tesch-Römer & Wurm, 2009). Es entwickelt sich eine zunehmende Gebrechlichkeit, in englischer Sprache als *Frailty* bezeichnet. Die *World Health Organization* (WHO) definiert Gebrechlichkeit als klinisch erkennbaren Zustand älterer Menschen, bei welchen die Fähigkeit der Bewältigung von alltäglichen Herausforderungen eingeschränkt ist (Larsen, 2021).

Zusammenfassend spielen in der Geriatrie sowohl motorische, kognitive und soziale Funktionen als auch äußere Einflussfaktoren eine entscheidende Rolle und können in ihrer Gesamtheit zu Gesundheitsproblemen führen (Kudelka, 2021, p.3). Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Fokus insbesondere auf Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, die in dieser Klientel eine hohe Prävalenz aufweisen und vielfältige Auswirkungen auf das Leben der Betroffenen haben (Verghese et al., 2006).

1.3 Körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter

Kernaspekte im Dasein aller Menschen, über das Fachgebiet der Geriatrie hinaus, sind die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität. Diese sind essenziell für das subjektive Wohlbefinden und ermöglichen die Teilhabe am sozialen Leben sowie die Gestaltung des eigenen Alltags nach individuellen Vorstellungen (Zeyfang et al., 2013, p.4-5). Kurz- oder langfristige Immobilität und Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit zählen zu den häufigsten Gesundheitsproblemen von geriatrischen Patient*innen und nehmen mit steigendem Alter zu (Verghese et al., 2006; Engstler et al., 2004, p.236). Ihre Entwicklung ist unterschiedlicher Genese und geschieht im Kontext des Alterungsprozesses (s. 1.1), was sich beispielsweise in einer eingeschränkten Reaktionsfähigkeit auf Destabilisierung des Gleichgewichtes zeigt (Rubenstein, 2006).

Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter können unter anderem neurologisch, orthopädisch, internistisch oder aufgrund verschiedener Erkrankungen im Sinne einer Multimorbidität begründet sein (Kudelka et al., 2022). Auf neurologischer Ebene können sie im Rahmen von neurodegenerativen Erkrankungen wie Morbus Parkinson, sensorischen Defiziten wie Sehstörungen oder Polyneuropathien und funktionellen Störungen, einhergehend mit einer erhöhten Sturzanxiety, auftreten (Jahn et al., 2019). Orthopädisch können degenerative Prozesse wie Osteoporose und -arthrose zu Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität führen (ebd.). Auf internistischer Ebene spielen unter anderem Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems wie arterielle Hypertonie und Herzinsuffizienz eine Rolle (Bötzel, 2019, p.125). Dabei geht es nicht nur um die unmittelbare Auswirkung dieser auf motorische Funktionen, sondern auch um Folgeerkrankungen und reduzierte Belastbarkeit, die damit einhergehen können.

Bei der Entstehung von Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität von geriatrischen Patient*innen spielen häufig verschiedenen Syndrome eine Rolle, die sich gegenseitig bedingen. Es kommt zur Entwicklung eines „Teufelskreises“ in dem sich Erkrankungen und Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität gegenseitig begründen und ineinander verwoben sind (Bötzel, 2019, p.126).

In diesem Kontext kommt es bei geriatrischen Patient*innen zur Entwicklung von Sarkopenie und *Frailty*. Sarkopenie beschreibt den altersbedingten Verlust von muskulärer Funktionalität, die sowohl Muskelmasse, -kraft und -funktion berücksichtigt (Maetzler et al., 2015). Sie ist eine relevante Größe in Bezug auf körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität, Autonomie und Lebensqualität (ebd.). Sarkopene Patient*innen sind in der Umsetzung von Alltagsfunktionen vielfältig eingeschränkt (Cruz-Jentoft et al., 2010). Als Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität gilt die maximale Handgreifkraft als validiertes Maß für Sarkopenie (Steiber, 2016). *Frailty* bezeichnet die altersbedingte Gebrechlichkeit und gesteigerte Vulnerabilität von geriatrischen Patient*innen (Paixao & Prufer De Queiroz Campos Araújo, 2010). Sie geht in Abgrenzung zur Sarkopenie über muskuläre Aspekte hinaus und umfasst den ganzen Organismus sowie psychosoziale Aspekte (Maetzler et al., 2015; Pilotto et al., 2020).

Sarkopenie und *Frailty* gehen mit Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität sowie einer erhöhten Sturzgefahr einher und sind mit steigenden Kosten für das Gesundheitssystem assoziiert (Antunes et al., 2017; Navarrete-Villanueva et al., 2021; Q. Xu et al., 2022). In diesem Zusammenhang kann es zu Sturzereignissen und damit verbundenen Verletzungen wie z.B. Frakturen kommen, die wiederum zur Multimorbidität der Betroffenen und weiteren Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität beitragen (Bötzel, 2019, p.126). Sturzereignisse haben häufig die Entwicklung und oder Verstärkung einer Sturzangst zur Folge, die weitere Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität bedingt (Chen et al., 2021). Zudem sind Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität mit weiteren psychosozialen Aspekten wie Depression, sozialem Rückzug und Einsamkeit assoziiert (Holt-Lunstad et al., 2015; Ong et al., 2016). Diese sind wiederum Risikofaktoren hinsichtlich Morbidität und Mortalität (Zeyfang et al., 2013, p.13).

Bei näherer Betrachtung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität von geriatrischen Patient*innen stellt sich die Frage, wie man diese objektiv messen und abbilden kann und welche Parameter dafür besonders gut geeignet sind. Geeignete Parameter sollen die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität möglichst ganzheitlich abbilden sowie möglichst schnell, einfach und kostengünstig erhoben werden, um breit angewendet zu werden (VanSwearingen & Brach, 2001). In dieser

Arbeit wurden drei Messgrößen ausgewählt, von denen sich vier Parameter ableiten: die Schrittzahl auf einer definierten Strecke, sowohl in normaler (1), als auch in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit (2), die Gesamtpunktzahl der *Short-Physical-Performance-Battery* (SPPB) (3) sowie die maximale Handgreifkraft (4).

Die Schrittzahl auf einer definierten Strecke wurde ausgewählt, da Menschen, die in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität eingeschränkt sind, kleinere und deshalb in der Gesamtheit mehr Schritte machen (Pradeep Kumar et al., 2020). Mit zunehmendem Alter verändert sich das Gangbild und es kommt zu Variabilität und Abnahme der Gangstabilität, Schrittzeit und Schrittlänge (Mehdizadeh et al., 2021).

Bei der SPPB handelt es sich um eine erstmalig 1994 beschriebene Testbatterie, welche die motorische Funktion der unteren Extremität misst und regelmäßig in der klinischen Praxis zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen verwendet wird (Büsching, 2015; Sverdrup et al., 2018). Die SPPB wurde vielfach in Studien als Messinstrument validiert und gilt als geeignetes Maß der allgemeinen Kraft und Funktion der unteren Extremitäten (Bergland & Strand, 2019; Guralnik et al., 1994; Welch et al., 2021). In der SPPB werden die Subkategorien Gleichgewicht, Gehfähigkeit, Kraft und Ausdauer untersucht und mit einer Punktzahl bewertet. Die Teilaufgaben der SPPB sowie die entsprechende Bewertung und Punktevergabe werden in den Methoden (2.2) genauer erläutert. Eine höhere SPPB-Gesamtpunktzahl ist mit einer besseren körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität assoziiert (Guralnik et al., 1995).

Als dritte Messgröße der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen fließt die maximale Handgreifkraft in diese Arbeit ein. Dabei handelt es sich um eine einfach und kostengünstig zu erhebende, vielfach validierte Messgröße der allgemeinen Muskelkraft (Roberts et al., 2011). Eine Rolle spielt die maximale Handgreifkraft unter anderem in der Früherkennung von Sarkopenie (Cruz-Jentoft et al., 2010). Eine verminderte Handgreifkraft ist assoziiert mit funktionellen Einschränkungen, zukünftiger Behinderung und Krankheitsentstehung sowie kognitiver Verschlechterung (Rantanen et al., 1999; Rijk et al., 2016). In Studien konnte gezeigt werden, dass eine verminderte Handgreifkraft ein genauerer Prädiktor der Mortalität ist als chronologisches Alter oder der systolische Blutdruck (Leong et al., 2015; Martin-Ruiz & Von Zglinicki, 2014).

Messgrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität werden von Alter, Geschlecht, körperlicher Konstitution, der Tageszeit (Grad der Ermüdung), Schmerzen, Vorerkrankungen wie beispielsweise Arthritis sowie der Kooperation der Patient*innen beeinflusst (Steiber, 2016).

Zusammenfassend können Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität einschneidende Konsequenzen für die subjektive Lebensqualität und Gesundheit von Patient*innen mit sich bringen und die Entstehung von weiteren Krankheiten begünstigen (Barth & Doblhammer, 2017, p.237). Im Umgang mit geriatrischen Patient*innen wird angestrebt, diese folgenschweren Konsequenzen abzuwenden und die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität zu erhalten und verbessern (Barth & Doblhammer, 2017, p.207).

1.4 Der Multidimensional Prognostic Index (MPI)

Beim MPI handelt es sich um ein sensitives und spezifisches Instrument zur Vorhersage der Prognose geriatrischer Patient*innen. Er gibt deren Wahrscheinlichkeit, in den nächsten zwölf Monaten zu versterben, an (Pilotto et al., 2008). Der MPI wurde an über 12.000 älteren Menschen validiert, die an alterstypischen Krankheiten, wie unter anderem Demenz, chronischer Niereninsuffizienz, Krebserkrankungen und Herzinsuffizienz litten (Meyer et al., 2019; Gallucci et al., 2014; Joob & Wiwanitkit, 2012; Pilotto et al., 2017). Die Validität und Genauigkeit des MPI wird im Vergleich zu anderen gängigen Prognoseinstrumenten als sehr hoch eingestuft (Dent et al., 2016). Zudem konnte der Nutzen des MPI anhand verschiedener Krankheitsbilder, Settings und Kohorten bestätigt werden und wird prospektiv evaluiert (Angleman et al., 2015).

Der MPI basiert auf der Durchführung des CGA. Er bildet neben medizinischen und funktionellen Gesundheitsaspekten auch Informationen zu kognitiven, pflegerischen und sozialen Bereichen ab. Es fließen acht verschiedene Bereiche des CGA in den MPI mit ein, von welchen sechs standardisierte geriatrische Indizes sind. Dabei handelt es sich um erprobte und regelmäßig in der geriatrischen Praxis eingesetzte Instrumente (Pilotto et al., 2008). Zu diesen sechs Indizes zählen Katz's *Activities of Daily Living* (ADL), Lawton's *Instrumental Activities of Daily Living* (iADL), der *Short Portable Mental Status Questionnaire* (SPMSQ), die *Exton-Smith-Scale* (ESS), die *Cumulative Illness Rating Scale* (CIRS) und die Kurzform (*Short Form*) des *Mini Nutritional Assessments* (MNA-SF) (Meyer et al., 2019).

ADL und iADL bilden die Selbstständigkeit hinsichtlich der Alltagsbewältigung und Verrichtung von alltäglichen Aktivitäten ab (Katz et al., 1970; Katz, 1983). Bei dem SPMSQ handelt es sich um ein kognitives Screening (Pfeiffer, 1975), während mittels der ESS das Dekubitus-Risiko bewertet wird (Bliss et al., 1966). Anhand der CIRS kann der allgemeine Gesundheitszustand in verschiedenen Organsystemen eingeschätzt werden (Hudon et al., 2005) und das MNA-SF dient als Screening der Erfassung des Ernährungszustandes. Des Weiteren werden die aktuelle Anzahl regelmäßig eingenommener verschreibungspflichtiger Medikamente und die aktuelle beziehungsweise vorstationäre Wohnsituation betrachtet und in den MPI

miteinbezogen. Die Berechnung des MPI auf Grundlage dieser acht Bereiche wird im Methodikteil (2.2) genauer erläutert.

Aus dem MPI lassen sich Indikatoren gesundheitsassoziierter Ressourcen ableiten (Meyer et al., 2019). Ein höherer MPI-Wert ist mit einem höheren Pflegegrad, einer längeren stationären Verweildauer und häufigeren Verlegungen aus anderen Krankenhäusern bei Aufnahme assoziiert (ebd.; Volpato et al., 2015). Ein höherer MPI-Wert steht also mit Institutionalisierung und Rehospitalisierung in Verbindung (Pilotto et al., 2019). Diese Zusammenhänge weisen darauf hin, dass aus dem MPI die Notwendigkeit besonderer geriatrischer Fürsorge abgeleitet werden kann (Arenz, 2020, p.34).

So kann der MPI einerseits auf mögliche Änderungen des Gesundheitszustands geriatrischer Patient*innen hinweisen und beispielsweise im akutstationären Setting dazu genutzt werden, den klinischen Verlauf objektiv zu verfolgen und zu überwachen (Volpato et al., 2016). Andererseits können prognostische Indizes wie der MPI dabei helfen, therapeutische Entscheidungen im Rahmen der Behandlung zu treffen und zu erkennen, ob Patient*innen von einer Intervention profitieren oder nicht (Gill, 2012; Lee et al., 2013).

In der Geriatrie werden prognostische Indizes wie der MPI derzeit nicht einheitlich eingesetzt, obwohl deren Nutzen in vielen Studien und für verschiedene Krankheitsbilder nachgewiesen wurde (Bakas et al., 2021; Pilotto, Addante, et al., 2009; Salis et al., 2023; Veronese, Siri, et al., 2020). Unter den häufigsten, regelhaft im klinischen Alltag eingesetzten prognostischen Indizes der kurz- und langfristigen Mortalität nimmt der MPI eine führende Rolle in Hinblick auf Genauigkeit und Vorhersagekraft ein (Pilotto et al., 2012).

1.5 Fragestellung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die mit dem demografischen Wandel einhergehenden Herausforderungen für die geriatrischen Versorgungsstrukturen beschrieben. Im Umgang mit diesen können objektive prognostische Werkzeuge wie der MPI als Hilfsmittel dienen und das Treffen von klinischen Entscheidungen erleichtern (Gill, 2012). Zudem betont die Forschung (Freedman et al., 2017; Van der Zee et al., 2021; Yourman et al., 2012), dass die Berücksichtigung von Lebenserwartungs- und Mortalitätsprognosen im Rahmen der Behandlung von geriatrischen Patient*innen zu einer Vermeidung von potentiellen Schäden der Patient*innen und zu effizienter Nutzung und Verteilung von Ressourcen führt.

In der Betrachtung des MPIs ist aufgefallen, dass Aspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität der Patient*innen nur geringfügig und auf eigenen Aussagen basierend in den MPI mit einfließen. Dies geschieht beispielsweise im Rahmen des ADL und iADL, welche in Form von Fragebögen das Verrichten grundlegender Alltagsfunktionen erfragen. In der älteren Bevölkerung ist die selbstberichtete funktionelle Einschränkung ein bekannter Risikofaktor für Behinderung, Krankenhauseinweisungen, Morbidität und Mortalität (Pahor et al., 2014). Objektive Messungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität können die multisystemischen Auswirkungen des Alterns, der Komorbiditäten und deren Schweregrad, der Motivation und der Kognition auf den Gesundheitszustand von älteren Menschen besser erfassen (Pavasini et al., 2016).

Diese Arbeit beschäftigt sich daher mit den folgenden Fragestellungen:

1. Besteht ein Zusammenhang zwischen dem MPI und der quantitativ erfassten körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität von geriatrischen Patient*innen?
2. Gibt es einzelne Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, die mit dem MPI zusammenhängen und sich eventuell sogar durch ihn vorhersagen lassen?

Die Ergebnisse könnten zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen der Wahrscheinlichkeit zu versterben und Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität beitragen, sowie als Ansatzpunkt für die Primärprävention von Mobilitätsverlusten bei geriatrischen Patient*innen dienen.

2 METHODEN

2.1 ComOn-Studie

Die zur Verfassung dieser Arbeit verwendeten Daten wurden im Rahmen der *Cognitive and Motor interactions in older populations* (ComOn) – Studie erhoben (Geritz et al., 2020). Dabei handelte es sich um eine seit Februar 2017 durchgeführte prospektive, explorative Multicenterstudie, die der Erfassung quantitativer Parameter zu Anamnese, Motorik und Kognition einer stationären geriatrischen Kohorte diene. Ein positives Votum der medizinischen Ethikkommission des UKSH Kiel lag vor (D427/17).

Durchgeführt wurde die Datenerhebung auf der Station für Neurogeriatrie und internistische Altersmedizin des UKSH Kiel, auf welcher sowohl neurologische als auch internistische Patient*innen des geriatrischen Spektrums behandelt wurden. Die Erhebung der Daten geschah im Rahmen einer frührehabilitativen geriatrischen Komplexbehandlung unter Betreuung eines interdisziplinären Teams.

In die ComOn-Studie wurden multimorbide, geriatrische Patient*innen eingeschlossen, die 70 Jahre und älter waren, wobei nicht berücksichtigt wurde, ob sie neurologisch vorerkrankt waren oder nicht. Auch jüngere Patient*innen zwischen 50 und 69 Jahren konnten berücksichtigt werden, wenn sie mindestens zwei chronische Erkrankungen aufwiesen. Zudem musste eine Einwilligung zur Studienteilnahme vorliegen, welche durch die Patient*innen selbst oder deren gesetzliche Betreuer*innen zu erteilen war. Weitere zu erfüllende Aufnahmekriterien waren die Fähigkeit für mindestens zehn Sekunden ohne Hilfsmittel frei zu stehen sowie eine Gehstrecke von mindestens drei Metern, gegebenenfalls auch unter Verwendung einer Gehhilfe, zurücklegen zu können (Geritz et al., 2020).

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der ComOn-Studie waren neben einer fehlenden Einwilligungsfähigkeit ein klinisch festgestelltes schweres Bewusstseinsdefizit, wie beispielsweise im Rahmen eines Delirs sowie eine starke kognitive Einschränkung mit ≤ 5 Punkten im *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA). Zudem erfolgte keine Studienaufnahme von Patient*innen mit einem erhöhten Sturzrisiko bei mehr als zwei Stürzen innerhalb der letzten sieben Tage, einem aktuellen oder vorgeschichtlichen Drogenabusus mit der Ausnahme von

Nikotinkonsum sowie einem mittels Sehhilfe korrigierten Sehvermögen unter 60% (Geritz et al., 2020).

2.1.1 Durchführung

Die Durchführung erfolgte mittels eines standardisierten, umfassenden geriatrischen Assessments. Die Untersuchungen der Patient*innen fanden zu jeweils zwei Zeitpunkten statt. Die Patient*innen wurden innerhalb der ersten zwei Tage nach stationärer Aufnahme (Messzeitpunkt T1) und innerhalb der letzten zwei Tage vor Entlassung (Messzeitpunkt T2) untersucht. Bei T1 wurde eine ausführliche klinische Anamnese erhoben, welche neben der Erfassung von Alter, Geschlecht, aktuellen Diagnosen und Symptomen, Vorerkrankungen und Medikamenteneinnahme auch die Erhebung von gängigen Scores im Rahmen von geriatrischer Forschung umfasste (s. 2.2).

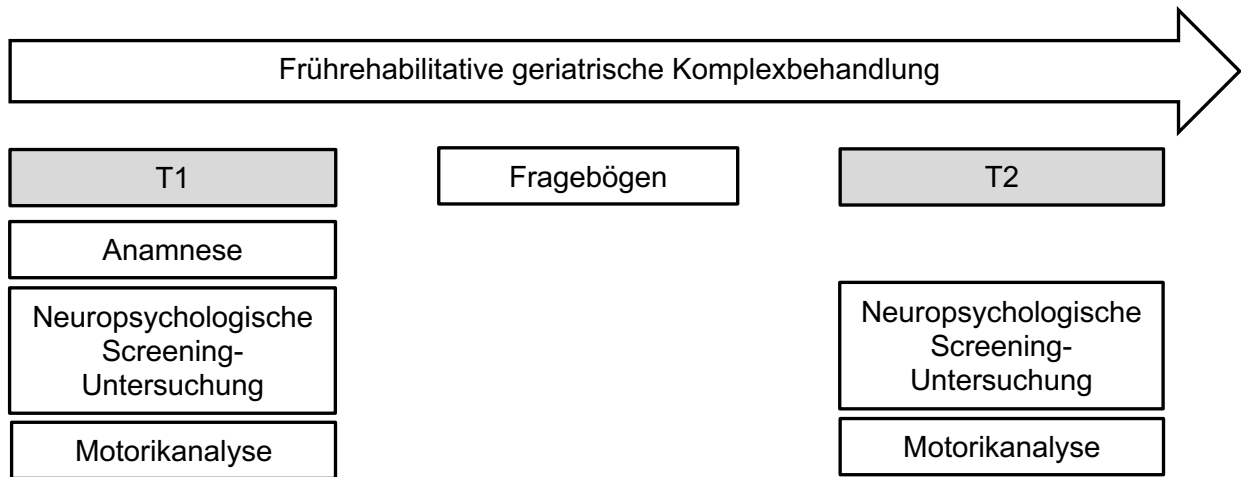
Zudem wurden den Patient*innen zu diesem Zeitpunkt mehrere Fragebögen ausgehändigt, die im Verlauf des Aufenthaltes bearbeitet werden sollten. Unmittelbar nach der Anamneseerhebung oder am Folgetag schloss sich eine neuropsychologische Screeninguntersuchung an. Nach einer Pause folgte entweder am gleichen oder am darauffolgenden Tag die Durchführung der ersten Motorikanalyse. Diese setzte sich aus einer Feinmotorikanalyse, in der unter anderem die maximale Handgreifkraft erfasst wurde, der SPPB sowie einem umfassenden sensorbasierten Assessment zusammen.

Darüber hinaus wurden in der ComOn-Studie noch weitere Untersuchungen durchgeführt, wie unter anderem eine Bioimpedanzmessung zur Erfassung der Körperzusammensetzung, die Erhebung von Blut-, Stuhl- und Speichelproben (*Biobanking*) und, in einer Subkohorte, eine MR-Untersuchung des Kopfes. Da diese für diese Arbeit nicht relevant sind, wird auf sie nicht weiter eingegangen.

Abgesehen von der Anamnese und den einmalig auszufüllenden Fragebögen wurden alle Messungen bei T2, am Ende des stationären Aufenthaltes, wiederholt. Der zeitliche Zusammenhang des gesamten Assessments ist in Abbildung 1 abgebildet. Alle für die Fragestellung dieser Arbeit relevanten Daten wurden im Rahmen von T1 erhoben.

Abbildung 1:

Zeitlicher Ablauf des Assessments der ComOn-Studie



Anmerkung. Adaptiert nach Geritz et al., 2020.

2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien in die Datenauswertung

Es wurden $N = 107$ Patient*innen in die Datenauswertung eingeschlossen, die von Beginn der Studie 2017 bis Februar 2022 in eine frührehabilitative geriatrische Komplexbehandlung eingeschlossen wurden. Um in die Analysen dieser Arbeit eingeschlossen zu werden, musste ein zur Berechnung des MPI benötigter vollständiger Datensatz vorliegen. Dies beinhaltete Vollständigkeit der Anamnese, Angaben zur aktuellen Medikation sowie in der Beantwortung bestimmter Fragebögen.

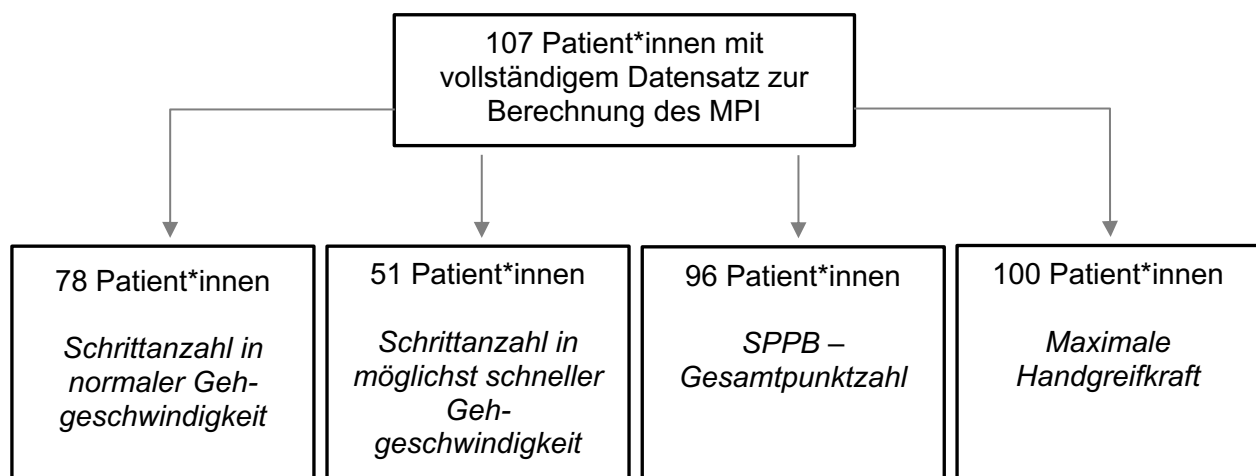
Da nicht bei allen $N = 107$ Patient*innen alle vier betrachteten Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität vollständig vorlagen, ergaben sich bei der Betrachtung dieser unterschiedliche Gruppengrößen. Somit bildeten sich aus der Gesamtkohorte von $N = 107$ Patient*innen vier unterschiedlich große Subkohorten. Dies ist beispielsweise durch partielle oder vollständige Ablehnung von Untersuchungen durch die Patient*innen aufgrund von körperlichen Einschränkungen, Verschlechterung des Allgemeinzustandes oder mangelnder Mitarbeit zu erklären.

In die Betrachtung der Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit auf einer 20m-Strecke flossen die Daten von 78 Patient*innen ein. Hinsichtlich der Schrittzahl auf gleicher Strecke in einer möglichst schnellen Gehgeschwindigkeit lagen Daten von 51

Patient*innen vor. Die SPPB-Gesamtpunktzahl war bei 96 Patient*innen vorliegend und die maximale Handgreifkraft konnte bei 100 Patient*innen bestimmt werden. Dies ist auch in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2:

Ein- und Ausschlussprozess der im Messzeitraum erfassten Datensätze in die statistischen Analysen



Anmerkung. SPPB – Short Physical Performance Battery.

2.2 Multidimensional Prognostic Index

Wie bereits in der Einleitung berichtet ist der MPI ein standardisiertes, umfassendes, prognostisches Instrument, welches aus dem *Comprehensive Geriatric Assessment* (CGA) abgeleitet wird. In die Berechnung des MPI wurden folgende acht verschiedene Bereiche des CGA miteinbezogen um ein möglichst ganzheitliches Abbild zu erzielen (Pilotto et al., 2008):

- Der *Activities of Daily Living Score* (ADL) bildet die Selbstständigkeit hinsichtlich der Verrichtung von sechs alltäglichen Aktivitäten in den Kategorien Nahrungsaufnahme, Körperpflege, Kontinenz und Mobilität ab (Katz et al., 1970). Abhängig davon, wie selbstständig diese Funktionen erledigt werden konnten beziehungsweise wie intakt diese waren, wurde jede Kategorie mit null (Einschränkung) oder einem (keine Einschränkung) Punkt bewertet. Insgesamt konnte damit ein Gesamtscore von null bis sechs Punkten erreicht werden.
- Der *Instrumental Activities of Daily Living Score* (iADL) bildet die Selbstständigkeit hinsichtlich der Durchführung von acht alltäglichen Aktivitäten ab, zu welchen die Kategorien Einkaufen, Telefonieren, Medikamenteneinnahme, Verrichtung von Hausarbeit und Finanzverwaltung gehören (Katz, 1983). Analog zum ADL wurde auch die iADL mit null oder einem Punkt pro Kategorie bewertet, sodass ein Gesamtscore von null bis acht Punkten erreicht werden konnte.
- Der *Short Portable Mental Status Questionnaire* (SPMSQ) ist ein kognitives Screening, welches zehn Fragen zu Orientierung, Gedächtnis und Aufmerksamkeit umfasst (Pfeiffer, 1975; Schönstein et al., 2019). Je nach Korrektheit der Antwort konnten pro Frage entweder null (inkorrekt) oder ein (korrekt) Punkt und somit insgesamt maximal zehn Punkte erreicht werden.
- Die *Exton-Smith Scale* (ESS) dient der Bewertung des Dekubitus-Risikos aufgrund von körperlicher und geistiger Verfassung, Aktivität und Motilität sowie Kontinenzverhalten (Bliss et al., 1966). Jede dieser fünf Kategorien wurde mit ein (starke Einschränkung) bis vier (keine Einschränkung) Punkten bewertet, sodass maximal zwanzig Punkte erreicht werden konnten.

- Die *Cumulative Illness Rating Scale* (CIRS) dient der Einschätzung des Gesundheitszustandes in 14 Organsystemen. Für jedes Organsystem wurde der Schweregrad von jeweiligen Pathologien anhand einer fünfstufigen Skala eingeschätzt (Hudon et al., 2005). Der Schweregrad dieser wurde mit null (keine Schädigung), eins (mild), zwei (mäßig), drei (schwer) und vier (sehr schwer) Punkten bewertet. Es konnte damit eine maximale Punktezahl von 28 erreicht werden.

Anhand dieser Bewertung wurde der *Comorbidity Index* (CI) als Score des Schweregrades von Begleiterkrankungen bestimmt (Parmelee, Thuras, Katz, & Lawton, 1995). Dieser errechnete sich aus der Anzahl der Organsysteme, abzüglich der Kategorie der psychiatrischen Pathologien, welche im CIRS mit einer Punktezahl von drei und größer bewertet wurden (Salvi et al., 2008).

- Die Kurzform (*Short-Form*) des *Mini Nutritional Assessment* (MNA-SF) dient als Screening zur Erfassung des Ernährungsstatus anhand von Angaben zu Nahrungsaufnahme, Gewichtsverlust, Mobilität, akute Belastungssituationen durch Krankheit oder psychischen Stress, neuropsychologische Einschränkungen sowie *Body-Mass-Index* (BMI) und Wadenumfang (Guigoz et al., 2002). Es konnten maximal 14 Punkte erreicht werden.
- Die aktuelle Anzahl regelmäßig eingenommener verschreibungspflichtiger Medikamente wurde betrachtet.
- Die aktuelle beziehungsweise vorstationäre Wohnsituation wurde in den MPI miteinbezogen, wobei zwischen alleine, in einer Einrichtung und mit Angehörigen oder einer Pflegekraft lebend unterschieden wurde.

Diese etablierten und evaluierten acht Parameter gehören zu den in einer systematischen Studie identifizierten prognostischen Parametern für Sterblichkeit (Pilotto et al., 2008). Die Kombination der Parameter für den MPI wurde in voneinander unabhängigen Kohorten multimorbider, geriatrischer Patient*innen getestet (Bryant et al., 2019; Pilotto, Sancarlo, et al., 2009).

In der ComOn-Studie wurden die genannten acht Parameter zur Berechnung des MPIs im Rahmen der Anamnese erhoben. Für jeden dieser acht in den MPI einfließenden Parameter wurden je nach erzielten Ergebnissen Punkte vergeben. Diese Punktzahl konnte pro Parameter einen Wert von 0, 0.5 oder 1 annehmen. Damit wurde der Schweregrad der Beeinträchtigungen als unbedeutend (0), mild (0.5) oder ausgeprägt (1) bewertet. Diese Punktzahl wurde für jeden der acht Parameter vergeben, addiert und im Anschluss durch acht geteilt. Der Mittelwert aus den gewichteten Summanden der acht Kategorien stellte dann den individuellen MPI-Wert dar. Die genaue Zusammensetzung sowie Punktevergabe ist in Tabelle 1 veranschaulicht. Der individuelle MPI-Wert konnte als kontinuierliche Variable Werte zwischen 0 (= geringstes Sterberisiko) bis 1 (= höchstes Sterberisiko) annehmen (Meyer et al., 2019). Anhand dessen konnten die Patient*innen nach Sterberisiko in drei Gruppen eingeordnet werden: MPI-1, 0 bis 0.33 (= geringes Risiko), MPI-2, 0.34 bis 0.66 (= mittleres Risiko) und MPI-3, 0.67 bis 1 (= hohes Risiko) (Pilotto et al., 2008).

Tabelle 1:

MPI – Zusammensetzung und Berechnung

Kategorien	0 Punkte	0.5 Punkte	1 Punkt
ADL	5 - 6	3 - 4	0 - 2
iADL	8 - 6	5 - 4	3 - 0
SPMSQ	0 - 3	4 - 7	8 - 10
ESS	16 - 20	10 - 15	5 - 9
CIRS - CI	0	1 - 2	≥ 3
MNA-SF	≥ 24	17 – 23.5	< 17
Wohnsituation	Mit Familie	Im Pflegeheim	Alleine lebend
Aktuell eingenommenen Medikamente	0 - 3	4 - 6	≥ 7

- Punktevergabe von 0 – 1 in jeder Kategorie
- MPI = Summe der Punkte der Kategorien / 8 (Anzahl der Kategorien)

Anmerkung. Adaptiert nach Ungar et al., 2018. ADL – Activities of Daily Living; iADL – Instrumental ADL; SPMSQ – Short Portable Mental Status Questionnaire; ESS – Exton-Smith Scale; CIRS – Cumulative Illness Rating Scale; CI – Comorbidity Index; MNA-SF – Mini Nutritional Assessment (Short Form); MPI – Multidimensional Prognostic Index.

2.3 Weitere, einflussnehmende Parameter

Es wurden in die Analysen dieser Arbeit zudem folgende Parameter miteinbezogen, welche selbst nicht direkt in die Berechnung des MPI miteinfließen: das numerische Alter gemessen in Jahren, das Geschlecht, unterschieden zwischen weiblich und männlich, die Körpergröße gemessen in Zentimeter sowie das Körpergewicht gemessen in Kilogramm. Diese vier Parameter haben sowohl einen nachgewiesenen Einfluss auf das Sterblichkeitsrisiko sowie auf die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität (Walter-Ginzburg et al., 2005).

2.4 Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität

Das Ziel bei der Auswahl der Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität war es, eine möglichst ganzheitliche Abbildung dieser zu erreichen. Die Wahl fiel auf drei Messgrößen, von denen sich vier zu untersuchende Parameter ableiteten, deren Erhebung nach einem standardisierten Schema im Rahmen der Motorikanalyse zum Zeitpunkt T1 erfolgte.

2.4.1 Schrittzahl

Die erste untersuchte Messgröße der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität war die sensorbasiert erfasste Schrittzahl auf einer Strecke von 20 Metern. Diese wurde sowohl in normaler, als auch in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit untersucht, wobei es untersagt war zu rennen. Daraus ergaben sich die zwei Parameter „Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit“ und „Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit“, die in die Analysen dieser Arbeit einfließen.

Die Schrittzahl wurde in einem definierten Testbereich und mit standardisierten Anweisungen erhoben. Die Patient*innen wurden aufgefordert, mit dem Gehen zu beginnen, sobald die Untersucher*innen ihnen ein Startzeichen gaben, und gingen bis zum Ende der 20m-Gehstrecke, das durch ein farbiges Band auf dem Fußboden angezeigt wurde (Geritz et al., 2020). Zur Erhebung der Daten wurden die CE-zertifizierten, tragbaren inertialen Messeinheiten Rehawatch® der Firma Hasomed GmbH (Magdeburg, Deutschland) verwendet, die an beiden Fußrücken sowie dem unteren Rücken (L4-L5) befestigt wurden (Geritz et al., 2020). Jede Messeinheit enthielt einen dreidimensionalen Beschleunigungsmesser ($\pm 8 \text{ g}$) und ein dreidimensionales Gyroskop ($\pm 2000^\circ/\text{s}$) (Hansen et al., 2022). Die Sensor-Daten wurden mit MATLAB 2022a (MathWorks, Nantick, MA, USA) unter Verwendung eines validierten Algorithmus verarbeitet (Pham et al., 2017).

Vorteile der Erhebung quantitativer Gang- und Gleichgewichtsparameter mittels sensorbasierter Daten gegenüber anderen Verfahren wie der SPPB sind unter anderem eine höhere Genauigkeit der Messung sowie die Unabhängigkeit von den jeweiligen Untersucher*innen (Jung et al., 2019).

2.4.2 SPPB – Gesamtpunktzahl






Die zweite betrachtete Messgröße der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität war die Gesamtpunktzahl der SPPB, aus der der dritte in die Analysen dieser Arbeit einfließende Parameter „SPPB-Gesamtpunktzahl“ hervorging. Die SPPB wurde ausgewählt, da sie die drei Subkategorien Gleichgewicht im Stehen, die Gehgeschwindigkeit und die Kraft und Funktion der unteren Extremität abbildet.

Das Gleichgewicht wurde in drei einzelnen Tests mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad untersucht. Drei Fußpositionen mussten im freien Stehen auf stabilem Untergrund für mindestens zehn Sekunden eingenommen werden. Dabei handelte es sich um den *Side-by-Side-Stand* – den Stand mit geschlossenen Füßen, den Semitandemstand und den Tandemstand. Je nachdem, wie lange die Proband*innen die drei Fußpositionen einhalten konnten wurden jeweils Punkte vergeben. Die genauen Fußpositionen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Gehgeschwindigkeit wurde mit Hilfe eines Gehtestes bestimmt, bei welchem die Patient*innen gebeten wurden, eine festgelegte Strecke von vier Metern in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit zurückzulegen. Diese Aufgabe wurde daraufhin einmal wiederholt. In beiden Durchgängen wurde die zur Bewältigung der Strecke benötigte Zeit mit einer Stoppuhr gemessen und notiert, wobei die schnellere der beiden Zeiten für die Vergabe der Punkte genutzt wurde.

Die Kraft und Mobilität der unteren Extremität wurde mit dem *Sit-to-Stand-Test* untersucht, bei welchem die Patient*innen aufgefordert wurden fünf Mal hintereinander vom Stuhl aufzustehen und sich direkt wieder hinzusetzen. Dies sollte so schnell wie möglich und ohne Anlehnen an die Rückenlehne oder Abstützen durchgeführt werden. Die dafür benötigte Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen und mit einer entsprechenden Punktzahl bewertet. Die Durchführung und Auswertung der SPPB ist in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 2:*SPPB – Durchführung und Auswertung*

Subkategorie	Messmethode		Zeit [s]	Punkte
Gleichgewicht im Stehen	Side-by-Side-Stand		≥ 10	1
			< 10	0
	Semitandemstand		≥ 10	1
			< 10	0
	Tandemstand		≥ 10	2
			3 – 9	1
			< 3	0
Gehgeschwindigkeit	4-Meter-Gehtest		< 4.82	4
			4,82 – 6.2	3
			6.21 – 8.7	2
			> 8.7	1
			n. b.	0
Kraft und Funktion der unteren Extremität	Sit-to-Stand-Test		< 11.19	4
			11.2 – 13.69	3
			13.7 – 16.69	2
			> 16.7	1
			> 60 / n.b.	0

Anmerkung. Adaptiert nach Büsching, 2015. n. b. – nicht bewältigt; [s] – Sekunden; SPPB – Short Physical Performance Battery.

In der SPPB konnten folglich null bis zwölf Punkte erreicht werden. Anhand der SPPB-Gesamtpunktzahl konnte eine Aussage über die Alltagsbeeinträchtigung der Patient*innen getroffen werden. Bei einem Ergebnis von null bis drei Punkten galt die Alltagsbeeinträchtigung als stark, bei vier bis sechs Punkten als moderat, und bei sieben bis neun Punkten als leicht. Bei einem Ergebnis von zehn bis zwölf Punkten wurde von keiner Alltagsbeeinträchtigung ausgegangen (Büsching, 2015).

2.4.3 Maximale Handgreifkraft

Die dritte und letzte Messgröße der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, die in die Auswertung miteinbezogen wurde, war die hydraulisch gemessene, maximale Handgreifkraft, welche die Kraft und Funktion der oberen Extremität abbildet. Wie bereits erwähnt handelt es sich dabei um eine einfach und kostengünstig zu erhebende, vielfach validierte Messgröße der allgemeinen Muskelkraft (Roberts et al., 2011).

Die „maximale Handgreifkraft“ als vierter in die Analysen dieser Arbeit einfließender Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität wurde standardisiert und isometrisch mit dem Jamar Handdynamometer (AFH, Lügde, Deutschland) gemessen. Das Jamar Handdynamometer wurde unter anderem von der *American Society of Hand Therapists* bei regelmäßiger Kalibrierung als zuverlässig eingestuft (Diday-Nolle & Breier, 2009). Die Messung der maximalen Handgreifkraft wurde in aufrecht sitzender Position durchgeführt. Die Patient*innen wurden gebeten, den Ellenbogen in Schulteradduktion und 90° Flexion und das Handgelenk in 0° bis 30° Grad Extension bei ca. 15° Ulnaradduktion zu positionieren (Zumhasch, 2021). Der Ellenbogen sollte möglichst frei sein und nicht abgestützt werden. Nach Einnehmen der korrekten Ausgangsposition sollten die Patient*innen so kräftig wie möglich zudrücken. Der maximal erreichte Wert wurde im Anschluss abgelesen und notiert. Es wurde sowohl die linke als auch die rechte Seite zweimal gemessen, der höchste erreichte Wert bildete die maximale Handgreifkraft.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Datenauswertung erfolgte mit dem kostenlosen Programm JASP (Version 0.16.1).

In einem ersten Schritt wurden die demografischen Daten der zu untersuchenden Parameter je nach Skalenniveau in Hinblick auf die Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit, Mittelwert und Standardabweichung sowie Spannweite oder den prozentualen Anteil an der Kohorte beschrieben. Die zu untersuchenden Parameter zum Messzeitpunkt T1 waren neben MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht die vier Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität: Schrittzahl auf einer Strecke von 20m in normaler sowie in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit, SPPB-Gesamtpunktzahl und maximale Handgreifkraft.

In einem zweiten Schritt wurden die Parameter MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht untereinander und mit den einzelnen Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität entsprechend des Skalenniveaus nach Spearman (Spearman's rho, ρ) oder nach Pearson (Pearson's r) korreliert (Weiß, 2013, pp. 78-81). Das Signifikanzniveau betrug $p < 0.05$. Diese Korrelationsanalyse diente unter anderem dazu, die Parameter auf Multikollinearität mit einem Korrelationskoeffizienten von r und $\rho > 0.8$ bzw. < -0.8 zu untersuchen (Field, 2018, p. 650). Dies verfolgte das Ziel, die Multikollinearität im statistischen Modell möglichst gering zu halten. Die Kollinearität oder Multikollinearität bezeichnet den Grad von gegenseitiger linearer Abhängigkeit zwischen den unabhängigen Variablen in einem Regressionsmodell (Urban & Mayerl, 2018, p.268). Sie erschwert die Berechnung der Regressionskoeffizienten und kann die Interpretation des Modells verzerren.

In einem dritten Schritt wurden vier multiple lineare Regressionsanalysen gerechnet. Als unabhängige Variablen flossen die Parameter MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht ein, deren Einfluss auf die vier jeweils abhängigen Variablen Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit, Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit, SPPB-Gesamtpunktzahl und maximale Handgreifkraft untersucht wurde (Weiß, 2013, pp. 81-84). Das Signifikanzniveau betrug $p < 0.05$.

Anhand des bei der multiplen Regression errechneten adjustierten Bestimmtheitsmaßes R^2_{adj} kann eine Aussage darüber getroffen werden, zu welchem

Anteil die Varianz der abhängigen Variablen durch das Modell erklärt werden kann. Gleichzeitig wurde für jeden Parameter der standardisierte Regressionskoeffizient β errechnet, der die Gewichtung des entsprechenden Parameters im Gesamtmodell beschreibt.

Im Rahmen der Durchführung der multiplen linearen Regressionsanalysen wurde jede einzelne auf die folgenden, zu erfüllenden Voraussetzungen geprüft.

Zunächst wurden die zu untersuchenden Zusammenhänge auf Linearität geprüft. Dies geschah unter Erstellung von Streudiagrammen, in denen die Residuen gegen die vorhergesagten Variablen aufgetragen wurden. In diesen Streudiagrammen sollten die Punkte etwa um die Nulllinie ($y = 0$) verlaufen (Urban & Mayerl, 2018, p. 268). Zudem wurden auch partielle Regressionsdiagramme der beteiligten, kontinuierlichen Variablen erstellt. Die Interpretation dieser Diagramme ist subjektiv und birgt die Gefahr von Fehl- und Überinterpretation (Urban & Mayerl, 2018, p. 271).

Im Anschluss wurden die Daten nach Ausreißern durchsucht. Ausreißer im Datensatz stellen eine mögliche Quelle für Verzerrungen von Regressionsanalysen dar. Dies geschah sowohl unter grafischer Betrachtung als auch über die Verwendung des Tools *Casewise Diagnostics* („Fallweise Diagnose“), welches Ausreißer, die außerhalb von 3 Standardabweichungen lagen, anzeigte. Eine *Cook's Distance* < 1 wurde als unproblematisch bewertet (Field, 2009, p. 246).

Dann wurden die Residuen auf Autokorrelation, die Korrelation untereinander, geprüft. Diese kann ein Indiz dafür sein, dass die Residuen nicht unabhängig voneinander sind (Urban & Mayerl, 2018, p. 299). Die Autokorrelation wurde anhand der Durchführung einer Durbin-Watson-Statistik überprüft, aus welcher der Koeffizient „d“ hervorgeht, der als Maß für Autokorrelation zwischen mehreren Variablen zu interpretieren ist (Urban & Mayerl, 2018, p. 301). Dieser kann Werte zwischen 0 und 4 annehmen. Akzeptabel galten Werte für den d-Koeffizienten zwischen eins und drei, wobei Werte um zwei als ideal angesehen wurden und in diesem Fall am ehesten eine Autokorrelation zwischen den Residuen ausgeschlossen werden konnte (Urban & Mayerl, 2018, p. 303).

Anschließend wurde das statistische Modell (neben der o.g. Korrelation nach Pearson) anhand des *variance influence factor* (VIF) und der Toleranz erneut auf Multikollinearität geprüft. Diese beiden Parameter entstammen der

Koeffiziententabelle und gelten als „Maß der Eigenständigkeit“ einer jeden Variable (Urban & Mayerl, 2018, p.238). Zur Beurteilung der Toleranz wurde ein unterer Grenzwert von 0.1 und zur Beurteilung des VIF ein oberer Grenzwert von 10 verwendet (O'brien, 2007). Fällt der Toleranzwert unter oder übersteigt der VIF diesen Schwellenwert, so ist von einer hohen Multikollinearität auszugehen (Urban & Mayerl, 2018, p. 238).

Zudem wurden die Residuen auf Homoskedastizität, die Gleichheit der Varianzen, geprüft. Wünschenswert bei der Durchführung von Regressionsanalysen ist, dass die Varianz der Residuen gleich ist (Hayes & Cai, 2007). Diese Voraussetzung wurden grafisch mittels eines Streudiagrammes überprüft, in welchem die vorhergesagten Werte gegen die standardisierten Residuen aufgetragen wurden. Damit Homoskedastizität vorliegt, müssen die Punkte im Streudiagramm gleichmäßig über die horizontale Achse verteilt sein. Bei mangelnder Varianzgleichheit weisen die Punkte an einigen Stellen eine größere bzw. geringere Dichte auf (Urban & Mayerl, 2018, pp. 255-265).

Neben der Homoskedastizität wurden die Residuen zudem auf ungefähre Normalverteilung überprüft. Normalverteilte Residuen können eine validere Interpretation der Ergebnisse und eine verlässliche Berechnung von Konfidenzintervallen erlauben (Urban & Mayerl, 2018, p. 187). Die Überprüfung fand anhand von zwei visuellen Methoden zur Beurteilung der Normalverteilung statt: der Erstellung von Histogrammen der standardisierten Residuen mit eingezeichneter Normalverteilungskurve sowie von *Q-Q-Plots* (Quantil-Quantil-Diagramme). *Q-Q-Plots* tragen die Quantile zweier statistischer Variablen gegeneinander auf, um deren Verteilung und somit die erwartete gegen die beobachtete kumulierte Wahrscheinlichkeit zu vergleichen (Eckstein, 2016, pp. 97-98). Perfekt normalverteilte Daten liegen bei *Q-Q-Plots* genau auf der eingezeichneten Diagonale. Je weiter die Daten von der Diagonale entfernt liegen, desto weniger sind sie normalverteilt.

3 ERGEBNISSE

3.1 Deskriptive Statistik

3.1.1 Demographische Daten

In die Datenanalyse wurden N = 107 geriatrische Patient*innen eingeschlossen, wovon 51 (48%) primär neurologisch und 56 (52%) primär internistisch erkrankt waren. Unter den N = 107 Patient*innen waren 36 (34%) Männer und 71 (66%) Frauen. Die Patient*innen waren im Durchschnitt 79 Jahre alt, wobei eine Standardabweichung von 8 Jahren vorlag. Zur Veranschaulichung der demographischen Daten dienen die folgenden Tabellen 3 und 4. In diesen werden der MPI selbst sowie die in dessen Berechnung einfließenden Parameter und die einflussnehmenden Parameter dargestellt.

Tabelle 3:

Demographische Daten I

	M (SD)
MPI [0-1]	0.3 (0.2)
ADL	5.0 (1.0)
iADL	6.5 (1.7)
SPMSQ	8.5 (1.4)
ESS	15.5 (2.6)
CIRS-CI	2.0 (1.7)
MNA-SF	10.1 (2.6)
Medikamenteneinnahme	7.5 (2.0)
Größe [cm]	167.5 (9.0)
Gewicht [kg]	73.6 (15.2)
Alter [a]	79.3 (7.6)

Anmerkung. Darstellung der ordinalskalierten Parameter mit Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD), gerundet auf die erste Nachkommastelle. [a] – Jahre; [cm] – Zentimeter; [kg] – Kilogramm; ADL – Activities of Daily Living; iADL – Instrumental Activities of Daily Living; CIRS – Cumulative Instrumental Rating Scale; CI – Comorbidity Index; ESS – Exton-Smith Scale; MNA-SF – Mini Nutritional Assessment (Short Form); SPMSQ – Short Portable Mental Status Questionnaire.

Tabelle 4:

Demographische Daten II

Parameter	Verteilung
Wohnsituation	alleine: Anzahl 53 (49.53 %) mit Familie/Pflegeperson: Anzahl 43 (40.18 %) im Pflegeheim: Anzahl 11 (10.28 %)
Geschlecht	weiblich: Anzahl 71 (66.36 %) männlich: Anzahl 36 (33.64 %)

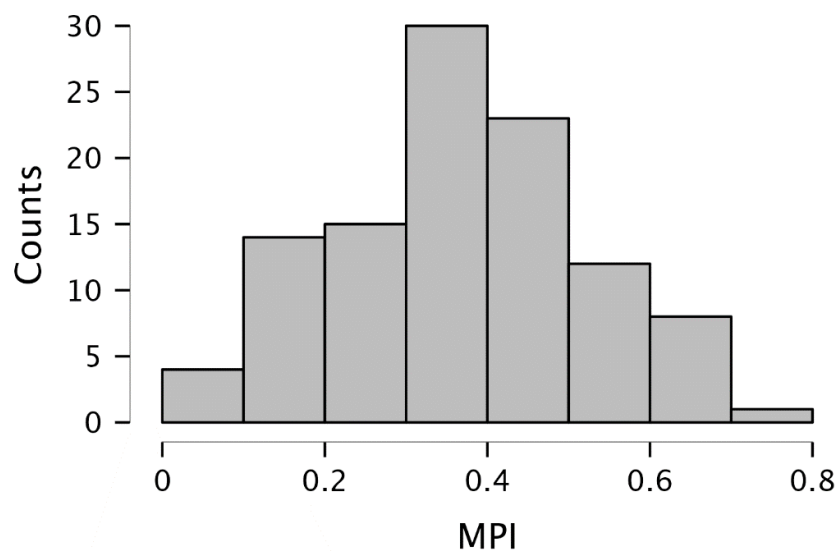
Anmerkung. Darstellung der nominalskalierten Parameter mit prozentualem Anteil der jeweiligen Kategorie.

3.1.2 MPI

Der MPI konnte im Rahmen dieser Untersuchung für N = 107 Patient*innen berechnet werden. Der Mittelwert des MPIs lag bei 0.378 mit einer Standardabweichung von 0.165. Die Häufigkeitsverteilung der angenommenen MPI-Werte in der untersuchten Kohorte wird als Histogramm in Abbildung 3 veranschaulicht. Auf der x-Achse werden die in Gruppen zusammengefassten MPI-Werte und auf der y-Achse die vorliegende Häufigkeit dieser dargestellt.

Abbildung 3:

Häufigkeitsverteilung der MPI-Werte in der untersuchten Kohorte



Anmerkung. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

Entsprechend der klassischen Einteilung des MPIs waren 42 (39%) in der niedrigen, 60 (56%) in der moderaten und 5 (5%) Patient*innen in der hohen Risikogruppe.

Aufgrund der Unterschiede hinsichtlich der Gruppengröße der drei Risikogruppen wurde von der Aufteilung in Risikogruppen in den weiteren Rechnungen abgesehen. Der MPI wurde fortan metrisch betrachtet.

3.1.3 Einflussnehmende Parameter

Die beiden Parameter Alter und Geschlecht wurden bereits in 3.1.1 beschrieben.

Die durchschnittliche Körpergröße lag bei 167 cm mit einer Standardabweichung von 9 cm. Das durchschnittliche Körpergewicht der Patient*innen lag bei 73 kg mit einer Standardabweichung von 15 kg.

3.1.4 Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität

In Tabelle 5 werden die Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität veranschaulicht. Die Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit auf einer Strecke von 20 Metern lag bei 77 Patient*innen vor. Der Durchschnitt lag bei 41 Schritten mit einer Standardabweichung von 9 Schritten. Es wurden mindestens 16 und maximal 74 Schritte auf der genannten Strecke in normaler Gehgeschwindigkeit gegangen. Die Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit auf einer Strecke von 20 Metern lag bei 51 Patient*innen vor. Der Durchschnitt lag bei 38 Schritten mit einer Standardabweichung von 8 Schritten. Es wurden mindestens 20 und maximal 69 Schritte auf der genannten Strecke in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit gegangen. Die SPPB-Gesamtpunktzahl lag bei 96 Patient*innen vor. Der Mittelwert lag bei 5 Punkten, mit einer Standardabweichung von 2 Punkten. Es wurden mindestens 1 und maximal 11 Punkte erreicht. Die maximale Handgreifkraft lag bei 100 Patient*innen vor. Der Mittelwert lag bei 22 Kilogramm mit einer Standardabweichung von 9 Kilogramm. Es wurden mindestens 7 und maximal 50 Kilogramm gedrückt.

Tabelle 5:

Demographische Daten III

Parameter	N	M (SD)	[Min; Max]
Schrittzahl normale GG auf 20 m	77	42 (9)	[16; 74]
Schrittzahl möglichst schnelle GG auf 20 m	51	38 (8)	[20; 69]
SPPB-Gesamtpunktzahl	96	5 (2)	[1; 11]
Maximale Handgreifkraft [kg]	100	22 (10)	[7; 50]

Anmerkung. Darstellung der ordinalskalierten Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität mit Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit (N), Mittelwert (M), Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max), gerundet auf die Vorkommastelle. GG – Gehgeschwindigkeit; SPPB – Short Physical Performance Battery. GG

3.2 Korrelationsanalyse

Im Folgenden werden die linearen Zusammenhänge der Korrelationsanalysen nach Pearson oder Spearman – je nach Skalenniveau – für die einzelnen Subkohorten der Parameter der körperlichen Mobilität und Leistungsfähigkeit berichtet.

Hinsichtlich der Subkohorte „Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit“ zeigten sich signifikante lineare Zusammenhänge zwischen MPI und Alter ($r = 0.259$), Größe und Gewicht ($r = 0.364$), Geschlecht und Gewicht ($r = -0.323$) sowie Geschlecht und Größe ($r = -0.683$). Die Schrittzahl korrelierte signifikant mit der Größe ($r = -0.250$) sowie dem Geschlecht ($r = 0.270$). Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse sind in Tabelle 6 veranschaulicht.

Tabelle 6:

Korrelationsanalyse nach Pearson I

	MPI	Alter	Geschlecht	Größe	Gewicht	Schrittzahl
MPI		0.259	0.094	-0.175	-0.209	0.126
Alter	0.259		0.066	-0.218	-0.139	0.216
Geschlecht	0.094	0.066		-0.683	-0.323	0.270
Größe	-0.175	-0.218	-0.683		0.364	-0.250
Gewicht	-0.209	-0.139	-0.323	0.364		-0.007
Schrittzahl	0.126	0.216	0.270	-0.250	-0.007	

Anmerkung. Darstellung des Korrelationskoeffizienten r der Parameter untereinander sowie mit der Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit. Signifikante Korrelationen sind fett markiert. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

In der Subkohorte „Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit“ zeigten sich signifikante lineare Zusammenhänge zwischen MPI und Alter ($r = 0.299$), Größe und Gewicht ($r = 0.426$), Geschlecht und Größe ($r = -0.697$) sowie Geschlecht und Gewicht ($r = -0.378$). Die Schrittzahl korrelierte signifikant mit der Größe ($r = -0.411$), dem Geschlecht ($r = 0.278$) und dem Alter ($r = 0.327$). Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse sind in Tabelle 7 veranschaulicht.

Tabelle 7:

Korrelationsanalyse nach Pearson II

	MPI	Alter	Geschlecht	Größe	Gewicht	Schrittzahl
MPI		0.299	0.126	-0.232	-0.272	0.064
Alter	0.299		0.132	-0.238	-0.116	0.327
Geschlecht	0.126	0.132		-0.697	-0.378	0.278
Größe	-0.232	-0.238	-0.697		0.426	-0.411
Gewicht	-0.272	-0.116	-0.378	0.426		-0.121
Schrittzahl	0.064	0.327	0.278	-0.411	-0.121	

Anmerkung. Darstellung des Korrelationskoeffizienten r der Parameter untereinander sowie mit der Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit. Signifikante Korrelationen sind fett markiert. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

In der Subkohorte „SPPB-Gesamtpunktzahl“ zeigten sich signifikante lineare Zusammenhänge zwischen MPI und Alter ($r = 0.292$), Alter und Größe ($r = -0.220$), Größe und Gewicht ($r = 0.375$), Geschlecht und Größe ($r = -0.681$) sowie Geschlecht und Gewicht ($r = -0.296$). Die SPPB-Gesamtpunktzahl korrelierte signifikant mit dem Alter ($\rho = -0.215$) sowie dem MPI ($\rho = -0.325$). Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse sind in Tabelle 8 veranschaulicht.

Tabelle 8:

Korrelationsanalyse nach Pearson bzw. Spearman III

	MPI	Alter	Geschlecht	Größe	Gewicht	SPPB-Gesamtpunktzahl
MPI		0.292	0.081	-0.058	-0.064	-0.325
Alter	0.292		0.030	-0.220	-0.102	-0.215
Geschlecht	0.081	0.030		-0.681	-0.296	-0.071
Größe	-0.058	-0.220	-0.681		0.375	0.101
Gewicht	-0.064	-0.102	-0.296	0.375		0.085
SPPB-Gesamtpunktzahl	-0.325	-0.215	-0.071	0.101	0.085	

Anmerkung. Darstellung der Korrelationskoeffizienten (r / ρ) der Parameter untereinander sowie mit der SPPB-Gesamtpunktzahl. Signifikante Korrelationen sind fett markiert. MPI – Multidimensional Prognostic Index; SPPB – Short Physical Performance Battery.

In der Subkohorte „maximale Handgreifkraft“ lagen signifikant lineare Zusammenhänge zwischen MPI und Alter ($r = 0.326$), Alter und Größe ($r = -0.223$), Größe und Gewicht ($r = 0.345$), Geschlecht und Größe ($r = -0.657$) sowie Geschlecht und Gewicht ($r = -0.265$) vor. Die maximale Handgreifkraft korrelierte signifikant mit dem MPI ($r = -0.329$), dem Alter ($r = -0.459$), dem Geschlecht ($r = -0.653$), der Größe ($r = 0.504$) sowie dem Gewicht ($r = 0.220$). Die Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse sind in Tabelle 9 veranschaulicht.

Tabelle 9:

Korrelationsanalyse nach Pearson IV

	MPI	Alter	Geschlecht	Größe	Gewicht	Maximale Handgreifkraft
MPI		0.326	0.076	-0.115	-0.014	-0.329
Alter	0.326		0.029	-0.223	-0.074	-0.459
Geschlecht	0.076	0.029		-0.657	-0.265	-0.653
Größe	-0.115	-0.223	-0.657		0.345	0.504
Gewicht	-0.014	-0.074	-0.265	0.345		0.220
Maximale Handgreifkraft	-0.329	-0.459	-0.653	0.504	0.220	

Anmerkung. Darstellung der Korrelationskoeffizienten (r / ρ) der Parameter untereinander sowie mit der maximalen Handgreifkraft. Signifikante Korrelationen sind fett markiert. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

Da keine starke Korrelation mit Korrelationskoeffizienten > 0.8 bzw. < -0.8 vorlag fanden sich in der Korrelationsanalyse keine Hinweise für das Vorliegen von Multikollinearität und es mussten keine Parameter aus dem Modell entfernt werden (s. 2.5).

3.3 Multiple lineare Regressionsanalyse

Es wurden vier multiple lineare Regressionen gerechnet, in welchen der Einfluss der unabhängigen Variablen MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die jeweiligen abhängigen Variablen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität untersucht wurde. Vor Interpretation der Regressionsanalysen wurde jedes einzelne der vier Modelle auf die Erfüllung der genannten Voraussetzungen geprüft (s. 2.5).

Die Linearität der Beziehung der beteiligten Variablen zueinander wurde anhand von Streudiagrammen geprüft, in welchen die vorhergesagten Werte gegen die Residuen aufgetragen werden (s. Anhang 1.1). Anhand dieser wurden zudem die Residuen auf Homoskedastizität geprüft.

Es lagen keine Ausreißer in den multiplen linearen Regressionsanalysen zu den Variablen Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit, SPPB-Gesamtpunktzahl und maximaler Handgreifkraft vor. In der Regressionsanalyse zur Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit lag ein Ausreißer in den *Casewise Diagnostics* vor, welcher allerdings eine *Cook's Distance* von 0.346 aufwies, die < 1 war und daher nicht aus dem Datensatz entfernt wurde.

Autokorrelation zwischen den Residuen konnte anhand der Durchführung der Durbin-Watson-Statistik für die Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit ($d = 2.138$), die Schrittzahl in möglicher schneller Gehgeschwindigkeit ($d = 1.570$), die SPPB-Gesamtpunktzahl ($d = 1.985$) sowie die maximale Handgreifkraft ($d = 2.058$) ausgeschlossen werden.

Das Vorliegen von Multikollinearität konnte anhand der Korrelationsanalyse, des VIF und der Toleranz für alle beteiligten Variablen ausgeschlossen werden.

Eine ungefähre Normalverteilung der Daten lag in den einzelnen Modellen vor. Dies wurde anhand von Histogrammen der standardisierten Residuen mit eingezeichneter Normalverteilungskurve und Q-Q-Diagrammen überprüft (s. Anhang 1.2 und 1.3).

Es folgt die Berichterstattung der Ergebnisse der vier multiplen linearen Regressionsanalysen, in welchen der Einfluss der Parameter MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf jeden einzelnen der vier Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität betrachtet wurde.

3.3.1 Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit

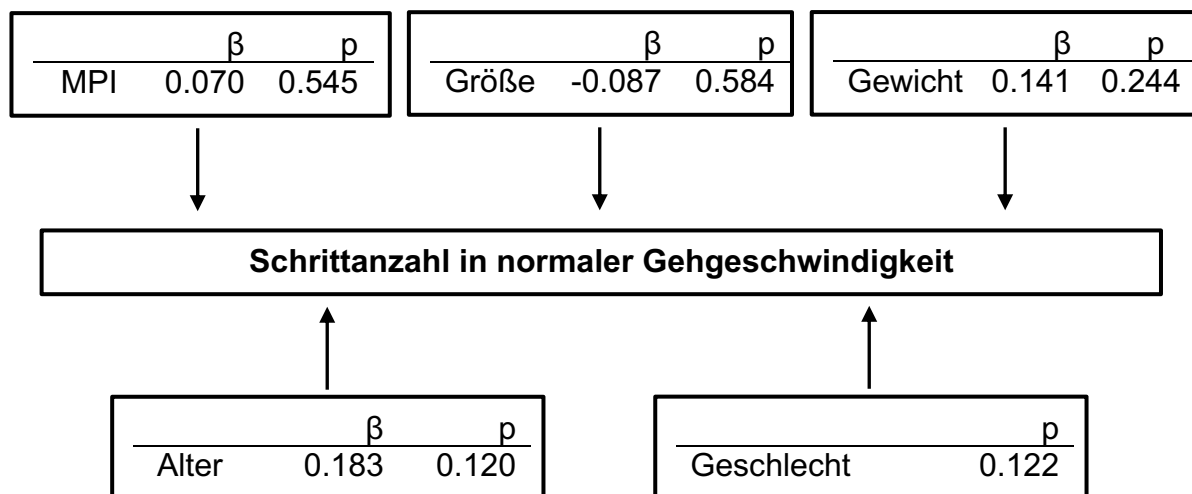
Die erste multiple lineare Regressionsanalyse wurde gerechnet, um den Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die Schrittzahl auf einer Strecke von 20 Metern, zurückgelegt in normaler Gehgeschwindigkeit, zu bestimmen. Das Modell erwies sich als nicht signifikant ($p = 0.062$) mit einem adjustierten Bestimmtheitsmaß von $R^2_{\text{adj}} = 0.073$.

$$F(5,72) = 2.216, p = 0.062 \text{ mit } R^2 = 0.133$$

Es konnte somit kein signifikanter Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die Schrittzahl nachgewiesen werden. Der MPI eignete sich nicht zur Vorhersage der Schrittzahl ($p = 0.545$), genauso wenig wie die anderen Regressoren. Abbildung 4 veranschaulicht die Ergebnisse im Detail (tabellarische Auflistung s. Anhang 2.1).

Abbildung 4:

Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable



Anmerkung. Die Parameter sind mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten (β) und dem Signifikanzniveau (p) dargestellt. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

3.3.2 Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit

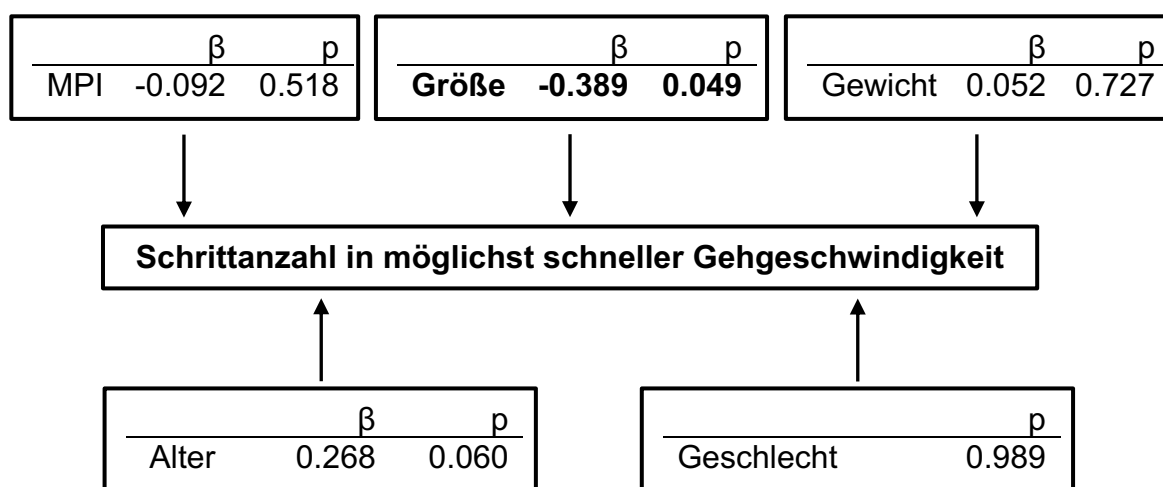
Die zweite multiple lineare Regression wurde gerechnet, um den Einfluss von MPI, Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht auf die Schrittzahl auf einer 20m-Strecke, zurückgelegt in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit, zu bestimmen. Das Modell zeigte sich als signifikant ($p = 0.028$) mit einem adjustierten Bestimmtheitsmaß von $R^2_{\text{adj}} = 0.151$.

$$F(5,45) = 2.785, p = 0.028 \text{ mit } R^2 = 0.236$$

Die Variablen MPI, Alter, Geschlecht und Gewicht wiesen jeweils keinen signifikanten Einfluss auf die Schrittzahl auf. Die Größe nahm als einziger Regressor signifikanten Einfluss auf die Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit ($\beta = -0.389$, $p = 0.049$). Je größer die Proband*innen waren, desto weniger Schritte wurden auf der untersuchten Strecke absolviert. Abbildung 5 veranschaulicht die Ergebnisse im Detail (tabellarische Auflistung s. Anhang 2.2).

Abbildung 5:

Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable



Anmerkung. Die Parameter sind mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten (β) und dem Signifikanzniveau (p) dargestellt. Signifikante Parameter sind fett markiert. MPI – Multidimensional Prognostic Index.

3.3.3 SPPB-Gesamtpunktzahl

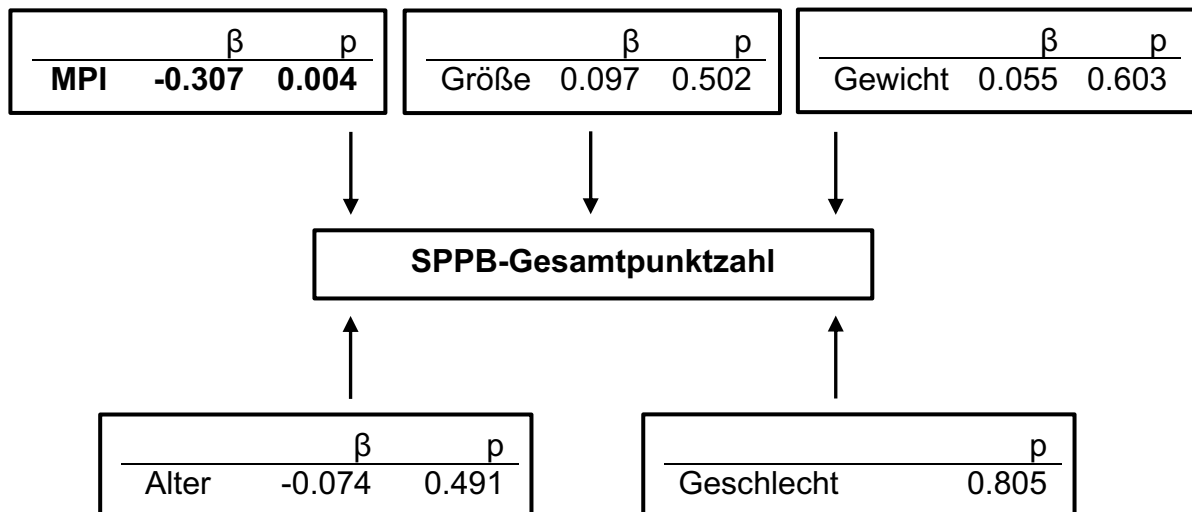
Die dritte multiple lineare Regression wurde gerechnet, um den Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die SPPB-Gesamtpunktzahl zu bestimmen. Das Modell zeigte sich als signifikant ($p = 0.023$) mit einem adjustierten Bestimmtheitsmaß von $R^2_{\text{adj}} = 0.085$.

$$F(5,90) = 2.760, p = 0.023 \text{ mit } R^2 = 0.133$$

Der MPI zeigte als einzige Variable einen signifikanten Einfluss auf die SPPB-Gesamtpunktzahl ($\beta = -0.307$, $p = 0.004$). Je höhere Werte der MPI annahm, desto niedriger war die Punktzahl, die die Patient*innen in der SPPB erzielten. Abbildung 6 veranschaulicht die Ergebnisse im Detail (tabellarische Auflistung s. Anhang 2.3).

Abbildung 6:

Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der SPPB-Gesamtpunktzahl als abhängige Variable



Anmerkung. Die Parameter sind mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten (β) und dem Signifikanzniveau (p) dargestellt. Signifikante Parameter sind fett markiert.
MPI – Multidimensional Prognostic Index; SPPB – Short Physical Performance Battery.

3.3.4 Maximale Handgreifkraft

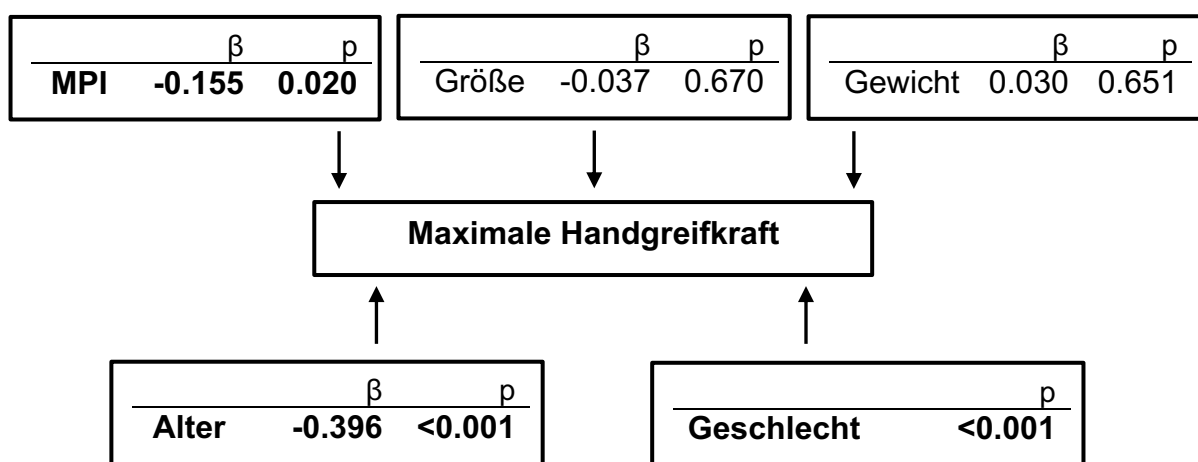
Die vierte multiple lineare Regression wurde gerechnet, um den Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die maximale Handgreifkraft zu bestimmen. Das Modell erwies sich als signifikant ($p < 0.001$) mit einem adjustierten Bestimmtheitsmaß von $R^2_{\text{adj}} = 0.624$.

$$F(5,94) = 33.824, p < 0.001 \text{ mit } R^2 = 0.643$$

Ein signifikanter Einfluss auf die maximale Handgreifkraft zeigte sich bei den Variablen MPI ($\beta = -0.155$, $p = 0.020$), Alter ($\beta = -0.396$, $p < 0.001$) sowie dem weiblichen Geschlecht ($p < 0.001$). Mit Zunahme des MPIs sowie des Alters nahm die Handgreifkraft ab, es zeigte sich ein umgekehrt proportionales Verhältnis. Zudem war das weibliche Geschlecht mit einer niedrigeren Handgreifkraft assoziiert als das männliche – laut Modell drückte in dieser Kohorte eine weibliche Patientin durchschnittlich 13 kg weniger als ein männlicher Patient. Abbildung 7 veranschaulicht die Ergebnisse im Detail (tabellarische Auflistung s. Anhang 2.4).

Abbildung 7:

Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse mit der maximalen Handgreifkraft als abhängige Variable



Anmerkung. Die Parameter sind mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten (β) und dem Signifikanzniveau (p) dargestellt. Signifikante Parameter sind fett markiert.
MPI – Multidimensional Prognostic Index.

4 DISKUSSION

Diese Arbeit beschäftigt sich damit, inwieweit die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität von geriatrischen Patient*innen mit dem MPI zusammenhängen und durch diesen erklärt werden können. Im Folgenden sollen die Ergebnisse der einzelnen Fragestellungen kurz zusammengefasst und in den aktuellen Forschungsstand eingeordnet werden. Des Weiteren soll die Eignung des MPI als Prognosewerkzeug im akut-geriatrischen Kontext hinterfragt werden. Ziel dieses Abschnittes ist es außerdem, auf Grundlage der bestehenden Forschungsergebnisse und der Ergebnisse dieser Arbeit Ansätze und Ideen für weiterführende Fragestellungen zu liefern.

4.1 Zusammenfassung und Bedeutung der Hauptergebnisse

In die Berechnungen dieser Arbeit flossen Datensätze von 107 geriatrischen Patient*innen ein, die auf der Station für Neurogeriatrie und internistische Altersmedizin des UKSH Kiel hospitalisiert waren. Für diese spezielle Patientengruppe konnte festgestellt werden, dass der MPI Aspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität abbilden kann.

Es zeigte sich eine signifikante Assoziation des MPI mit der SPPB-Gesamtpunktzahl, was dafür spricht, dass der MPI in der Lage ist, Kraft und Funktion der unteren Extremität in einer geriatrischen Kohorte abzubilden. Zudem zeigte sich eine signifikante Assoziation des MPI mit der maximalen Handgreifkraft, was dafür spricht, dass der MPI in dieser Klientel auch Kraft und Funktion der oberen Extremitäten abbilden kann. Zur Erfassung des Zusammenhangs zwischen MPI und Gehfähigkeit, sollten noch weitere Parameter, über die Schrittzahl hinaus, in Betracht gezogen werden, wie beispielsweise die Gehgeschwindigkeit sowie qualitative Gangparameter. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, wie beispielsweise die SPPB-Gesamtpunktzahl oder die maximale Handgreifkraft, mit in die Berechnung des MPIs aufgenommen werden und vielleicht sogar subjektiv erhobene Parameter ersetzen könnten.

In allen vier untersuchten Subkohorten korrelierte der MPI signifikant mit dem Alter. Ein höheres Alter geht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zu versterben einher (J. Xu et al., 2022), wodurch auch mit einem höheren MPI zu rechnen ist. Zudem lagen in allen Subkohorten signifikante Korrelationen zwischen Größe und Gewicht, Geschlecht und Größe und Geschlecht und Gewicht vor, was kohärent mit bereits vorliegenden Daten ist (Jabłonowska-Lietz et al., 2017; Janssen et al., 2000).

Allen Ergebnissen dieser Arbeit, die in den vorangegangenen Kapiteln beleuchtet wurden, liegt die Annahme zu Grunde, dass die Schrittzahl auf einer definierten Strecke, die SPPB-Gesamtpunktzahl und die maximale Handgreifkraft geeignete Messinstrumente für die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität von geriatrischen Patient*innen darstellen. Im Folgenden soll die Eignung dieser Parameter als Messinstrumente der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität noch einmal zusammenfassend hinterfragt werden.

4.1.1 Eignung der Schrittzahl als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen

In dieser Arbeit wurde die sensorbasiert erfasste Schrittzahl auf einer definierten Strecke untersucht, wobei diese in normaler Gehgeschwindigkeit und in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit, ohne zu rennen, erfasst wurde. Menschen, die in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität eingeschränkt sind, legen eher kleinere und deshalb in der Gesamtheit mehr Schritte zurück (Pradeep Kumar et al., 2020). Mit zunehmendem Alter verändert sich das Gangbild, und es kommt zu erhöhter Variabilität der Schritte und Abnahme der Schrittlänge (Mehdizadeh et al., 2021; Samson et al., 2001). Eine verkürzte Schrittlänge bei älteren Menschen kann ein Indikator für Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität sowie ein erhöhtes Risiko von Stürzen reflektieren, und ist mit einem erhöhten Risiko zu versterben assoziiert (Rodríguez-Molinero et al., 2019). Die Schrittzahl wurde im Rahmen dieser Arbeit sensorbasiert erfasst. Die Erfassung quantitativer Gang- und Gleichgewichtsparameter mittels Sensoren bietet gegenüber anderen, der Bewertung durch Untersucher*innen unterliegenden, Messinstrumenten einige Vorteile, wie beispielsweise eine höhere Genauigkeit der Messung oder die Unabhängigkeit von den jeweiligen Untersucher*innen (Geritz et al., 2020).

In der untersuchten Kohorte korrelierte die Schrittzahl, unabhängig von der Gehgeschwindigkeit, signifikant mit der Körpergröße und dem Geschlecht. In Hinblick auf die Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit konnte ein gemeinsamer signifikanter Einfluss von MPI, Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht festgestellt werden. Dies konnte 23,6 % der Varianz des Modells erklären, was als mittlere Anpassungsgüte zu werten ist (Cohen, 1988). Insbesondere die Körpergröße erwies sich als signifikanter Prädiktor der Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit: je größer die zu untersuchende Person war, desto weniger Schritte wurden auf der untersuchten Strecke absolviert. Dies ist kongruent mit vorliegenden Daten: die Körpergröße beeinflusst die Schrittlänge, wodurch wiederum die Schrittzahl auf einer definierten Strecke beeinflusst wird (Park et al., 2022). Die signifikante Korrelation von Schrittzahl und Geschlecht kann unter anderem durch die geschlechtsspezifischen Unterschiede in Hinblick auf die Körpergröße erklärt werden (Hollman et al., 2011).

Es konnten bereits einige Studien auf einen Zusammenhang zwischen Gangbild und Sterblichkeit hinweisen und untermauern, dass das Gangbild ein Marker für den allgemeinen Gesundheitszustand und die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität ist (Dommershuijsen et al., 2020; Veronese et al., 2018). Zur Erfassung des Zusammenhangs zwischen MPI und Gehfähigkeit sollten jedoch über die Schrittzahl hinaus noch weitere Parameter in Betracht gezogen werden, wie beispielsweise die Geschwindigkeit, die Schrittlänge, die Trittfrequenz und qualitative Parameter.

4.1.2 Eignung der SPPB-Gesamtpunktzahl als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen

Wie bereits in Kapitel 1.4 und 2.4.2 beschrieben, ist die SPPB eine vielfach eingesetzte Testbatterie der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, welche für verschiedene Altersgruppen validiert wurde und vor allem die motorische Funktion der unteren Extremität misst (Bergland & Strand, 2019). Eine höhere SPPB-Gesamtpunktzahl ist mit einer besseren körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität assoziiert (Guralnik et al., 1995). Die SPPB weist eine hohe Test-Retest-Reliabilität auf und unterscheidet sich dadurch von vergleichbaren Messinstrumenten der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität (Freiberger et al., 2012; Westman et al., 2019).

Im Umgang mit den Herausforderungen des demografischen Wandels wurde bereits in mehreren Studien empfohlen, die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität älterer Patient*innen in die klinische Bewertung und Entscheidungsfindung miteinzubeziehen (Pahor et al., 2014; Pavasini et al., 2016). Die SPPB sticht in diesem Kontext als ein besonders geeignetes, vielversprechendes Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität der unteren Extremitäten heraus und kann auch zur Messung des biologischen Alters von älteren Menschen verwendet werden (Guralnik et al., 1994). Die SPPB wird auch als „unspezifischer, aber hochsensibler Indikator für den globalen Gesundheitszustand“ und „für die Verletzlichkeit“ älterer Menschen bezeichnet (Pavasini et al., 2016). So steht ein schlechteres Abschneiden in der SPPB mit vermehrten körperlichen Einschränkungen und Krankenhauseinweisungen in Verbindung (Pahor et al., 2014). Zudem weisen einige Studien darauf hin, dass die SPPB auch in der Lage ist, die Gesamtmortalität vorherzusagen (Ensrud et al., 2016; Y. H. Kim et al., 2016; Pavasini et al., 2016; Stenholm et al., 2016).

In der untersuchten Kohorte korrelierte die SPPB-Gesamtpunktzahl signifikant negativ mit dem Alter und dem MPI. Dies spricht für die Assoziation von körperlicher Leistungsfähigkeit und Mobilität mit einem entsprechenden Mortalitätsrisiko. Dass ein höheres Niveau der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität mit einem besseren Langzeitüberleben assoziiert ist, wurde bereits in zahlreichen Studien belegt (Blair et al., 1989; Mandsager et al., 2018; Whelton et al., 2021). Dies spricht dafür, dass die in dieser Arbeit erhobenen Daten repräsentativ sind. Zudem wurde im Rahmen dieser Arbeit der Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die SPPB-Gesamtpunktzahl untersucht. Diese Parameter konnten 13,3 % der Varianz des Modells erklären, was als mittlere Anpassungsgüte zu werten ist (Cohen, 1988). Interessant ist vor allem, dass sich der MPI in der untersuchten Kohorte als signifikanter Prädiktor für die SPPB-Gesamtpunktzahl eignete: je höhere Werte der MPI annahm, desto niedriger war die Gesamtpunktzahl, die die Patient*innen in der SPPB erzielten. Ein höheres Risiko zu versterben ist also mit einer schlechteren Leistung in der SPPB assoziiert. Dies unterstützt die Annahme früherer Studien, dass ein Zusammenhang zwischen SPPB, als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität, und Gesamtmortalität vorliegt (Pavasini et al., 2016).

Vorangegangene Studien haben gezeigt, dass die SPPB bei Patient*innen mit hoher Funktionalität einen starken Deckeneffekt aufweist (Bergland & Strand, 2019;

Westman et al., 2019). Das bedeutet, dass Unterschiede zwischen Patient*innen mit hoher motorischer Funktion nur bedingt dargestellt werden können. Dies ist jedoch vor allem für die Detektion beginnender motorischer Einschränkungen und interventionsassoziierten Veränderungen bei jüngeren Patient*innen relevant (Bergland & Strand, 2019; Kudelka et al., 2022). Für diese Arbeit, die sich zu einem einmaligen Messzeitpunkt mit geriatrischen Patient*innen befasst, spielt dies keine relevante Rolle.

Wie bereits erwähnt setzt sich die SPPB aus drei Subkategorien zusammen, in welchen das Gleichgewicht, die Gehfähigkeit und die Kraft und Ausdauer der unteren Extremität gemessen werden. Die Durchführung und Bewertung dieser Messungen wurde bereits in 2.4.2 erläutert. In dieser Arbeit wurde lediglich der Zusammenhang zwischen der SPPB-Gesamtpunktzahl und dem MPI untersucht. Darüber hinaus wäre es interessant, die Untersuchungen auf die drei Subkategorien auszuweiten. In zwei Metaanalysen, in denen die Subkategorien der SPPB miteinbezogen wurden, konnte gezeigt werden, dass auch die einzelnen Subkategorien in der Lage waren, ältere Patient*innen mit erhöhtem Sterberisiko zu detektieren (Cooper et al., 2010; Studenski et al., 2011). Diese Annahme konnte in einer größer angelegten Meta-Analyse bestätigt werden (Pavasini et al., 2016). Im Rahmen weiterer Forschungen könnten auch die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen auf die SPPB-Subkategorien ausgeweitet werden.

4.1.3 Eignung der maximalen Handgreifkraft als Messinstrument der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen

Die maximale Handgreifkraft gilt als validiertes Messinstrument der allgemeinen Muskelkraft von geriatrischen Patient*innen (Roberts et al., 2011). Hinsichtlich der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität ist eine ausreichende allgemeine Muskelkraft zur Alltagsbewältigung notwendig, während eine verminderte allgemeine Muskelkraft ein Prädiktor für körperliche Einschränkungen ist (Weber & Loichinger, 2022). In unterschiedlichen Studien zeigte sich die maximale Handgreifkraft als geeignet um negative Entwicklungen wie Funktionseinbußen, Sturzereignisse und Mortalität vorherzusagen (Chua et al., 2020; Gale et al., 2007; Merchant et al., 2020; Sayer et al., 2006).

In der untersuchten Kohorte korrelierte die maximale Handgreifkraft signifikant negativ mit dem MPI, dem Alter und dem Geschlecht. Ältere Menschen und Patient*innen mit einem niedrigeren MPI wiesen tendenziell eine niedrigere maximale Handgreifkraft auf. Der Zusammenhang zwischen maximaler Handgreifkraft und Geschlecht war, wie erwartet (Weiß, 2013), stark. Des Weiteren korrelierte die maximale Handgreifkraft signifikant positiv mit der Größe und mit dem Gewicht. Größere und schwerere Menschen weisen generell mehr Muskelmasse auf, was sich auch auf die maximale Handgreifkraft niederschlagen kann (Cigarán-Méndez et al., 2022; K. M. Kim et al., 2016).

Im Rahmen dieser Arbeit zeigte sich ein signifikanter Einfluss von MPI, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht auf die maximale Handgreifkraft. 64,3 % der Varianz des Modells konnte durch diese Beeinflussung erklärt werden, was als hohe Anpassungsgüte zu werten ist (Cohen, 1988). Als einzelne signifikante Prädiktoren für die maximale Handgreifkraft erwiesen sich der MPI, das Alter und das Geschlecht als besonders geeignet. Je älter die Patient*innen waren und je höher der MPI-Wert war, desto geringer war die erreichte maximale Handgreifkraft.

Ein Zusammenhang zwischen niedriger maximaler Handgreifkraft und erhöhter Morbidität und Mortalität konnte bereits mehrfach und für verschiedene Krankheitsbilder, wie Stoffwechselstörungen (Byeon et al., 2019; Merchant et al., 2020), Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Zammit et al., 2019), psychische Erkrankungen (Cabanas-Sánchez et al., 2022) und Mangelernährung (Zhang et al., 2017) gezeigt werden.

In der untersuchten Kohorte war das weibliche Geschlecht mit einer niedrigeren Handgreifkraft assoziiert als das männliche. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der maximalen Handgreifkraft zeigten sich auch in vielen anderen Studien (u.a. Leyk et al., 2007). Mögliche Erklärungsansätze dafür liegen einerseits darin, dass Männer mehr Muskelmasse aufweisen als Frauen, wobei dieser geschlechtsspezifische Unterschied besonders im Bereich des Oberkörpers ausgeprägt ist (Janssen et al., 2000; Schorr et al., 2018). Andererseits geht man davon aus, dass die altersbedingte Abnahme der Handfunktion bei Frauen stärker ausgeprägt ist als bei Männern (Choi et al., 2018).

Wie bereits erwähnt gilt die maximale Handgreifkraft als validierter Biomarker für Sarkopenie (Cruz-Jentoft et al., 2010; Steiber, 2016). Es handelt sich dabei um ein zuverlässiges und einfach zu handhabendes Messinstrument der allgemeinen Muskelkraft (Cigarán-Méndez et al., 2022). Diese verbreitete Annahme wurde zum Teil angefochten (Felicio et al., 2014). Einige Studien weisen darauf hin, dass die Aussagekraft der maximalen Handgreifkraft in Hinblick auf die allgemeine Muskelkraft verbessert wird, wenn sie in Verbindung mit einer Messung der unteren Extremität eingesetzt wird (Bohannon, 2019; Sanderson et al., 2016). Eine solche gemeinsame Betrachtung der maximalen Handgreifkraft und eines Messinstrumentes der Kraft der unteren Extremitäten, wie beispielsweise der SPPB, wurde in dieser Arbeit nicht durchgeführt und wäre ein Ansatzpunkt für weitere Forschung.

Die maximale Handgreifkraft kann unter geringem Aufwand, kostengünstig, auf engem Raum und für die Patient*innen weitgehend schmerzfrei im Sitzen durchgeführt werden (S. H. Kim et al., 2022). Eine verminderte maximale Handgreifkraft ist assoziiert mit aktueller und zukünftiger funktionellen Einschränkung und Behinderung, Krankheitsentstehung und kognitiver Degeneration (Rantanen et al., 1999; Rijk et al., 2016). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die maximale Handgreifkraft im Rahmen der Behandlung älterer Menschen eine besondere Rolle einnimmt und als Prognoseinstrument eingesetzt werden kann. In diesem Kontext ist zu betonen, wie wichtig die Bewertung und Stärkung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität im Rahmen der Behandlung geriatrischer Patient*innen ist (Cigarán-Méndez et al., 2022).

4.2 Kritische Prüfung des MPI

In der untersuchten geriatrischen Kohorte konnte festgestellt werden, dass der MPI Teilaspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität abbilden kann. Wie bereits in 1.3 und 2.2 ausführlich beschrieben, handelt es sich bei dem MPI um ein validiertes Prognoseinstrument der Sterblichkeit für geriatrische Patient*innen (Pilotto et al., 2008). Der MPI wurde an großen geriatrischen Kohorten und an unterschiedlichen, akuten sowie chronischen, alterstypischen Erkrankungen validiert. Dabei stach er vor allem aufgrund seiner Genauigkeit und Reproduzierbarkeit in Hinblick auf das Risiko der kurz- und langfristigen Mortalität geriatrischer Patient*innen hervor (Dent et al., 2016; Yourman et al., 2012).

Der MPI konnte im Rahmen dieser Arbeit für N = 107 Patient*innen berechnet werden. Der Mittelwert des MPIs lag bei 0.378 mit einer Standardabweichung von 0.165, was anhand der ursprünglichen Einteilung des MPIs in Risikogruppen als durchschnittlich moderates Risiko zu werten ist (s. 2.2).

Die Entwicklung von Instrumenten wie das CGA und der daraus abgeleitete MPI, die für die Beurteilung von hospitalisierten älteren Patient*innen geeignet sind, gewinnt zunehmend an Bedeutung (Pilotto et al., 2019). So wird auch in Leitlinien die Empfehlung ausgesprochen, die Lebenserwartung bei der Abwägung des Nutzens, Aufwands und Risikos von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zu berücksichtigen (Freedman et al., 2017; Mottet et al., 2017). Bereits in mehreren klinischen Studien wurde die Relevanz von therapeutischen Interventionen in der Geriatrie unter Einbeziehung des MPIs untersucht. So wurde der MPI genutzt, um den Einsatz von Statinen bei Diabetes mellitus und koronarer Herzkrankheit (Pilotto, Gallina, Panza, et al., 2016; Pilotto et al., 2015), den Einsatz von Antikoagulantien bei Vorhofflimmern (Pilotto, Gallina, Copetti, et al., 2016) und den Einsatz von Antidementiva bei kognitiver Beeinträchtigung (Pilotto et al., 2018) einzuordnen und die Risiken, die mit dem Einsatz verbunden waren, mit dem daraus resultierenden Nutzen abzuwägen. Zudem wurde der MPI genutzt, um Patient*innen zu identifizieren, die von einer Transkatheter-Aortenklappenimplantation bei Aortenstenose (Van Mourik et al., 2019) sowie von enteraler Sondenernährung bei Mangelernährung (Veronese, Cella, et al., 2020) profitierten. Im Rahmen dieser und weiterer Studien konnte gezeigt werden, dass eine multidimensionale Betrachtung von geriatrischen

Patient*innen im Rahmen des CGA helfen kann, bessere klinische Entscheidungen zu treffen und Interventionen gezielter und sinnvoller anzuwenden (d. h. zu behandeln oder nicht zu behandeln) (Pilotto et al., 2020). Neben den dadurch entstehenden Vorteilen in Hinblick auf das Patientenwohl können vor allem in langfristiger Betrachtung Ressourcen im Gesundheitssystem gespart werden (Cruz-Jentoft et al., 2020).

Trotz der genannten positiven Aspekte ist ein umfassendes geriatrisches Assessment, wie es im Rahmen der ComOn-Studie durchgeführt wurde, zeit- und ressourcenaufwendig. Über die in dieser Arbeit verwendete Form des MPI hinaus gibt es auch eine modifizierte Kurzform des MPI, die einen ähnlichen Grad an Genauigkeit wie der ursprüngliche MPI zeigte, aber nur etwa 20 Minuten Zeitaufwand (im Vergleich zu 45 bis 60 Minuten bei dieser Version) erfordert (Sancarlo et al., 2011). Es wäre interessant, wie sich die in dieser Arbeit untersuchten Zusammenhänge zwischen MPI und der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität geriatrischer Patient*innen unter Verwendung der Kurzform des MPI in der gleichen Kohorte darstellen.

Darüber hinaus sind künftige Studien erforderlich, um die Sinnhaftigkeit der Anwendung des Assessments in der klinischen Praxis weiter zu bewerten, wobei auch die dadurch entstehenden Kosten für die Gesundheitsversorgung zu berücksichtigen sind. Eine Grenze der Anwendung von umfassenden geriatrischen Assessments in der täglichen klinischen Praxis liegt in der chronischen Begrenzung der Ressourcen in der Primärversorgung (Pavasini et al., 2016). So erfordert die systematische Anwendung eines solchen Assessments qualifiziertes und entsprechend geschultes Personal.

Bei der Datenerhebung ist von unterschiedlichen Rahmenbedingungen auszugehen. Der aktuelle Zustand des Patienten zum Untersuchungszeitpunkt, der Zeitpunkt, die Dauer, der Ort sowie die Umgebung und Situation der Untersuchung sind beeinflussende Determinanten. Ebenfalls können zwischenmenschliche Faktoren und unterschiedliche Untersucher*innen die Datenerhebung beeinflussen. Ideal für die Datenerhebung ist die Durchführung dieser unter möglichst gleichen Rahmenbedingungen. Dieser Aspekt wird in 4.3 genauer ausgeführt. Auch wenn die meisten der im MPI enthaltenen Kategorien bekannt sind und in der Geriatrie verbreitet angewendet werden, so ist es möglich, dass medizinisches Personal für die Erhebung des MPI speziell geschult wird und dafür eine gewisse Zeit eingeplant werden muss.

Über die Lebenserwartung hinaus kann der MPI auch als Prädiktor für weitere negative Entwicklungen im Leben eines älteren Menschen genutzt werden. So kann er beispielsweise die stationäre Verweildauer, Heimeinweisungen, erneute Krankenhausaufenthalte und Inanspruchnahme von häuslichen Pflegediensten – zusammengefasst eine Belastung von Gesundheitsressourcen – vorhersagen (Meyer et al., 2019; Pilotto et al., 2019; Volpato et al., 2015). Dies und die bereits erwähnten Studien weisen darauf hin, dass der MPI ein geeignetes Instrument zum Management älterer Menschen in der klinischen Praxis ist (Warnier et al., 2016). Prognoseinstrumente wie der MPI können die Behandelnden im Rahmen der Versorgung von älteren Menschen darin unterstützen, angemessene klinische Entscheidungen zu treffen und die Versorgung zu verbessern (Gill, 2012).

Dennoch werden solche Prognoseinstrumente wie der MPI aktuell nicht einheitlich und flächendeckend im klinischen Alltag angewandt. Würde der MPI breiter und standardisiert eingesetzt und die erhobenen Daten zentral gesammelt werden, so könnte dies neue Möglichkeiten zur Verfolgung von Entwicklungen innerhalb der Bevölkerung, zwischen Regionen und von strukturellen Gegebenheiten eröffnen. Aus diesen Erkenntnissen könnten weitere Maßnahmen für die Versorgung älterer Menschen und für das Gesundheitssystem abgeleitet werden.

Für eine breite und regelhafte Anwendung des MPI müssen entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden. So ist unter anderem eine anwenderfreundliche, digitale Dateneingabe notwendig. Dies könnte beispielsweise durch die automatisierte Übertragung von Parametern, die in unterschiedlichen Testungen analog genutzt werden, oder die Berechnung von bestimmten Parametern wie beispielsweise dem BMI anhand von hinterlegten Formeln verbessert werden. Auf diese Weise könnten sowohl Zeit gespart als auch Fehlerquellen vermieden werden. Von der Arbeitsgruppe um Prof. Albert Pilotto wurde eine Software entwickelt, welche die Dateneingabe und Berechnung des MPIs kompakt ermöglicht und vereinfacht. Dieses Programm namens „Portable-MPI“ kann über die Website des MULTIPLATAGE Projektes (<https://multiplat-age.it/index.php/en/>, abgerufen am 27.03.2024) kostenlos heruntergeladen werden.

Darüber hinaus ist für eine breite und regelhafte Anwendung des MPI die Einführung eines Leistungsentgeltes für dessen Erhebung sinnvoll. Die Erhebung des MPI könnte

als eine medizinische Leistung mit einer Abrechnungsziffer nach dem Einheitlichen Bewertungsmaßstab (EBM) und der Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) versehen und entsprechend vergütet werden, wodurch die wirtschaftliche Attraktivität gesteigert werden könnte.

Der MPI ist ein numerischer Index, der einen zwischen 0 und 1 liegenden Wert annimmt. Er ist das Ergebnis der Mittelwertberechnung aus den gewichteten Summanden (0 / 0.5 / 1 Punkte) der acht in den MPI einfließenden Kategorien, welche ganz unterschiedliche Aspekte des geriatrischen Menschen abbilden (s. 2.2). Diese Gewichtung der Kategorien ist abhängig von den jeweils in diesen erzielten Ergebnissen, wobei jedoch nicht unbedingt die akutklinische Relevanz dieser Ergebnisse bewertet wird. Aus dem MPI können keine Informationen über die Erkrankungen, deren Schwere und die daraus resultierenden Einschränkungen der Patient*innen gewonnen werden.

Dies kann im Folgenden an einem Beispiel verdeutlicht werden. Das MNA-SF und der CIRS-CI fließen als ebenbürtige Parameter in die Berechnung des MPI mit ein und können, je nach in den beiden Kategorien erzielten Ergebnissen, unterschiedlich stark gewichtet werden. So kann es dazu kommen, dass ein schlechtmögliches Abschneiden im MNA-SF mit dem höchstmöglichen Gewicht (1 Punkt) in den MPI einfließt. Dahingegen führt ein mittleres Abschneiden im CIRS-CI zu einer mittleren Gewichtung (0.5 Punkt) für den MPI. Der CIRS-CI als Score des Schweregrades von Begleiterkrankungen errechnet sich aus der Anzahl der Organsysteme welche im CIRS mit einer Punktzahl von drei und größer, also als von schweren oder sehr schweren Pathologien betroffen, bewertet werden (s. 2.2). Der CIRS-CI ist eine quantitative Angabe und erfasst nicht unbedingt das qualitative Ausmaß jeder einzelnen Pathologie. So kann beispielsweise die schwere Pathologie eines lebenswichtigen Organsystems (z.B. Herz, Nieren oder Lunge und Atemwege), welches mit starken Einschränkungen von Funktion und Lebensqualität einhergeht, als mittel gewichtet (0.5 Punkt) in den MPI einfließen. Die im Rahmen des CIRS und des CIRS-CI erfassten Pathologien decken die häufigsten Todesursachen geriatrischer Patient*innen ab (Wach et al., 2021). Im Rahmen der Berechnung des MPIs kann es dazu kommen, dass eine im CIRS erfasste, potentiell tödliche Pathologie milder gewichtet wird als ein womöglich weniger wahrscheinlich zum Tode führendes

schlechteres Abschneiden im MNA-SF (Arenz, 2020, p.57). Dadurch kann die Aussagekraft des MPIs in Hinblick auf ein zeitnahes Versterben verzerrt werden.

Ein zweites Beispiel kann anhand der Kategorie, die die aktuelle Wohnsituation erfasst, nachvollzogen werden. Diesbezüglich wird im Rahmen der Berechnung des MPIs zwischen alleine, in einer Einrichtung und mit Angehörigen oder einer Pflegekraft lebend unterschieden (s. 2.2). Weitere qualitative Informationen zu den Bedingungen der Wohnsituation, wie beispielsweise das Vorliegen von Barrierefreiheit oder potentiellen Sturzrisiken sowie das Ausmaß an Unterstützung durch ambulante Pflegedienste werden nicht erfasst. Dabei sind dies auch wichtige Faktoren für das alltägliche Leben von geriatrischen Patient*innen.

Die zwei genannten Beispiele zeigen, dass es sinnvoll sein kann, neben dem MPI-Wert alleine auch die in dessen Berechnung einfließenden acht Kategorien zu betrachten. Sie können richtungsweisende Hinweise zur aktuellen Situation der Patient*innen und zu entsprechendem Handlungsbedarf geben.

Zudem konnte in Studien gezeigt werden, dass der MPI eines Menschen abhängig von Veränderungen des Gesundheits- und Funktionsstatus unterschiedliche Werte annehmen kann (Pilotto et al., 2019; Volpato et al., 2016). So kann sich der MPI-Wert beispielsweise zwischen stationärer Aufnahme und Entlassung verbessern oder verschlechtern (ebd.). Der MPI kann folglich genutzt werden, Veränderungen des gesundheitlichen Zustandes von geriatrischen Patient*innen während eines Krankenhausaufenthalts zu erfassen und die Wirksamkeit von Interventionen zu beobachten (ebd.).

Eine regelmäßige Erhebung und Betrachtung des MPI und seiner acht Kategorien kann darüber hinaus als „Steuerungs- und Frühwarnsystem“ (Arenz, 2020, p.60) genutzt werden und so beispielsweise Interventionen und Krankenhausaufenthalte reduzieren und zusätzlichen Pflege- und Unterstützungsbedarf detektieren. Eine solche regelmäßige Erhebung und das Reagieren auf potentielle Veränderungen kann das Risiko zu Versterben reduzieren. So können beispielsweise im Rahmen einer regelmäßigen Erhebung des SPMSQ erste Anzeichen für kognitive Einschränkungen detektiert und weitere Diagnostik und Therapie eingeleitet werden (Erkinjuntti et al., 1987). In einer Studie konnte gezeigt werden, dass eine frühzeitige Behandlung mit

Antidementiva zu einem signifikant niedrigeren Sterberisiko dementer geriatrischer Patient*innen führen kann (Pilotto et al., 2018).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die acht Kategorien, aus denen der MPI hervorgeht, nur an einem Zeitpunkt, nämlich zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme (T1), erhoben und stellen eine Momentaufnahme dar. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich bei wiederholtem Erfassen des MPI möglicherweise signifikante Unterschiede bei der Vorhersage von Sterblichkeit oder weiteren negativen Entwicklungen der Patient*innen ergeben hätten. Im Hinblick auf die in dieser Arbeit untersuchte Beziehung zwischen MPI und körperlicher Leistungsfähigkeit und Mobilität ist dieser Aspekt der Anpassungsfähigkeit des MPI irrelevant, da die Daten zum gleichen Zeitpunkt erfasst wurden. Dennoch wäre die Dynamik des MPIs im Rahmen eines stationären Aufenthaltes oder einer geriatrischen Komplexbehandlung, wie sie die Patient*innen der ComOn-Studie absolvierten, interessant.

4.3 Allgemeine Limitationen

Abgesehen von den bereits besprochenen Schwächen der einzelnen Messinstrumente gibt es Limitationen bei der Durchführung des Assessments im Rahmen der ComOn-Studie. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten innerhalb ihrer Grenzen interpretiert werden.

In dieser Arbeit wurde eine multimorbide geriatrische Kohorte untersucht wurde, deren durchschnittliches Alter 79 Jahre betrug und die aufgrund unterschiedlicher Krankheiten und Einschränkungen hospitalisiert war. Dabei handelt es sich um eine spezielle Kohorte, die im Rahmen einer rehabilitativen geriatrischen Komplexbehandlung stationär aufgenommen waren. Die Verteilung der Diagnosen nach ICD in der untersuchten Kohorte liegt nicht vor. Da sowohl neurologische als auch internistische Patient*innen der Geriatrie eingeschlossen wurden, ist von einer gruppeninternen Heterogenität auszugehen. Die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität kann sich von Patient*in zu Patient*in sehr unterscheiden.

Um die vorliegenden Ergebnisse noch genauer zu validieren, wären in Zukunft weitere randomisierte, kontrollierte Studien mit verschiedenen Arten multidimensionaler Interventionen und einer konsistenten Gruppe von Proband*innen mit unterschiedlichem Grad an Gebrechlichkeit erforderlich.

Das Assessment der ComOn-Studie stellte für die Proband*innen häufig eine große Anstrengung dar. An einem oder zwei aufeinanderfolgenden Tagen nahmen sie sowohl an einer ausführlichen Anamnese, einer neuropsychologischen Untersuchung als auch an einem umfassenden motorischen Assessment teil. Obwohl diese Untersuchungen zeitlich durch Pausen getrennt waren, um eine Überlastung zu vermeiden, muss erwähnt werden, dass die Patient*innen durchaus einer körperlichen und mentalen Anstrengung ausgesetzt wurden. In der Konsequenz konnte diese sowohl zur körperlichen als auch zur mentalen Erschöpfung der Patient*innen im Laufe des Assessments und infolgedessen zu einer verminderten Compliance führen. Zudem kann es im Rahmen einer geriatrischen Komplexbehandlung vorkommen, dass die Patient*innen möglicherweise am Tag der Datenerhebung für die Studie bereits andere Therapieeinheiten erhielten.

Die Bereitschaft und Motivation der Patient*innen zur Teilnahme am ausführlichen Assessment kann die Ergebnisse erheblich beeinflussen. Neben der Bewältigung der körperlichen und geistigen Herausforderungen ist eine gründliche, aufmerksame und wahrheitsgemäße Beantwortung beim Ausfüllen der Fragebögen und im Rahmen der Anamneseerhebung notwendig. Weitere individuelle Voraussetzungen der Patient*innen, die über die Ein- und Ausschlusskriterien der ComOn-Studie hinausgehen, sind Einschränkungen der Sprache wie beispielsweise unzureichende Sprachkenntnisse und Störungen von Sprachverständnis und -produktion oder Einschränkungen des Gehörs. Dadurch können die Umsetzung des Assessments und die daraus resultierenden Ergebnisse individuell beeinflusst werden.

Aus Kapazitätsgründen konnte zudem nicht sichergestellt werden, dass die Fragebögen immer in Begleitung von Untersucher*innen ausgefüllt wurden. Dadurch konnten potentielle Rückfragen von Seiten der Patient*innen zu den einzelnen Fragebögen nicht unmittelbar beantwortet werden. Zudem konnte eine mögliche Beeinflussung von Angehörigen auf die Beantwortung der Fragebögen nicht sicher ausgeschlossen werden.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass bei der Umsetzung der ComOn-Studie viele unterschiedliche Untersucher*innen agierten. Diese wurden im Vorfeld umfassend geschult und für eine standardisierte Datenerhebung sensibilisiert. Trotz dieser umfassenden Schulung und der Anwendung von standardisierten Assessments können die Ergebnisse von den Untersucher*innen bei der Erhebung der Datensätze beeinflusst worden sein.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Der demografische Wandel und die damit einhergehende Zunahme des Anteils alter und multimorbider Menschen in unserer Gesellschaft stellt jetzt und in Zukunft eine unbestreitbare Herausforderung dar. Diese Herausforderung trifft nicht nur die alternden Betroffenen selbst, sondern auch deren Angehörige, die Solidargemeinschaft, das Gesundheitssystem und dessen Akteure. Einerseits steigen die Anforderungen an den medizinischen Versorgungsauftrag und die Kosten des Gesundheitssystems, während andererseits die medizinischen und wirtschaftlichen Ressourcen begrenzt sind. Daraus resultiert die Notwendigkeit, diese begrenzten Ressourcen bestmöglich und gezielt einzusetzen. In diesem Zusammenhang gewinnt der Einsatz von objektivierbaren Entscheidungshilfen wie des *Multidimensional Prognostic Index* (MPI) zur Steuerung von Patient*innen in Behandlungspfade zunehmend an Bedeutung. Der MPI ist ein Prognoseinstrument zur Einschätzung des Sterblichkeitsrisikos älterer Menschen, basierend auf Informationen zur aktuellen Lebenssituation, Kognition, Ernährung und gesundheitlicher Verfassung, die einem umfassenden geriatrischen Assessment entstammen. Die körperliche Leistungsfähigkeit und Mobilität ist ein wichtiger Bestandteil der Selbstständigkeit eines Menschen und trägt maßgeblich zur Gesundheit bei. Die meist mit steigendem Alter zunehmenden Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität sind mit einer erhöhten Morbidität, Mortalität und einer geringeren Lebensqualität verbunden. Aspekte der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität fließen in die Berechnung des MPI nicht explizit als Variablen, sondern lediglich anhand von subjektiven Angaben im Rahmen von standardisierten Fragebögen mit ein. Das Ziel dieser Querschnittsstudie war es zu prüfen, ob in einer geriatrischen Kohorte ein Zusammenhang zwischen dem MPI und objektiv überprüfbaren Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität besteht und wenn ja, mit welchen dieser besonders stark ist.

Hierzu wurden Daten der ComOn-Studie verwendet, in der geriatrische Patient*innen ein umfassendes kognitives und motorisches Assessment durchliefen. Als Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität wurden die sensorbasierte Schrittzahl auf einer 20m-Strecke in normaler und schnellstmöglicher Gehgeschwindigkeit, die Gesamtpunktzahl der *Short Physical Performance Battery*

(SPPB) und die maximale Handgreifkraft verwendet. In den multiplen linearen Regressionen flossen MPI, Größe, Gewicht, Alter und Geschlecht als unabhängige Variablen und die vier oben genannten Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität als abhängige Variablen ein.

107 Patient*innen in einem durchschnittlichen Alter von 79 Jahren wurden in die Analysen eingeschlossen. Die Gesamtmodelle für die Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit ($p = 0.03$), die SPPB-Gesamtpunktzahl ($p = 0.02$) und die maximale Handgreifkraft ($p < 0.001$) waren signifikant. Das Gesamtmodell für die Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit war nicht signifikant. Als Regressor zeigte sich der MPI für die SPPB-Gesamtpunktzahl und die maximale Handgreifkraft als signifikant.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte damit gezeigt werden, dass der MPI in einer geriatrischen, multimorbiden Kohorte Aspekte von körperlicher Leistungsfähigkeit und Mobilität abbilden kann. Dies wird vor allem durch die signifikante Assoziation mit der SPPB-Gesamtpunktzahl gezeigt, welche ein Maß für die Kraft und Funktion der unteren Extremitäten darstellt. Weiter spricht die signifikante Assoziation des MPI mit der maximalen Handgreifkraft dafür, dass der MPI in dieser Klientel auch Kraft und Funktion der oberen Extremitäten abbilden kann. In Hinblick auf die Zusammenhänge zwischen MPI und Gehfähigkeit könnten über die in dieser Arbeit untersuchte Schrittzahl noch weitere Parameter in Betracht gezogen werden wie z.B. die Gehgeschwindigkeit und qualitative Parameter. Dies könnte Gegenstand weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen sein.

LITERATURVERZEICHNIS

- Angleman, S. B., Santoni, G., Pilotto, A., Fratiglioni, L., & Welmer, A. K. (2015). Multidimensional Prognostic Index in Association with Future Mortality and Number of Hospital Days in a Population-Based Sample of Older Adults: Results of the EU Funded MPI_AGE Project. *PloS one*, 10(7). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0133789>
- Antunes, A. C., Araújo, D. A., Veríssimo, M. T., & Amaral, T. F. (2017). Sarcopenia and hospitalisation costs in older adults: a cross-sectional study. *Nutrition & dietetics: the journal of the Dietitians Association of Australia*, 74(1), 46–50. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12287>
- Arenz, P. N. (2020). *Anwendung des Multidimensionalen Prognostischen Indexes (MPI) zur Steuerung geriatrischer Patienten: organisatorische Implikationen für das deutsche Gesundheitssystem unter Berücksichtigung patientenorientierter Versorgung und optimaler Ressourcennutzung* [Med. Diss.]. Medizinische Fakultät. Universität zu Köln.
- Bakas, A. T., Sewnaik, A., van Straaten, J., de Jong, R. J. B., Mattace-Raso, F. U. S., & Polinder-Bos, H. A. (2021). The Multidimensional Prognostic Index as a Measure of Frailty in Elderly Patients with Head and Neck Cancer. *Clinical Interventions in Aging*, 16, 1679–1689. <https://doi.org/10.2147/CIA.S323740>
- Barth, A., & Doblhammer, G. (2017). Physische Mobilität und Gesundheit im Alter. *Die transformative Macht der Demografie*, 207–244. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13166-1_15
- Bergland, A., & Strand, B. H. (2019). Norwegian reference values for the Short Physical Performance Battery (SPPB): the Tromsø Study. *BMC geriatrics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S12877-019-1234-8>
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical Fitness and All-Cause Mortality: A Prospective Study of Healthy Men and Women. *JAMA*, 262(17), 2395–2401. <https://doi.org/10.1001/JAMA.1989.03430170057028>
- Bliss, M. R., McLaren, R., & Exton-Smith, A. N. (1966). Mattresses for preventing pressure sores in geriatric patients. *Monthly Bulletin of the Ministry of Health and the Public Health Laboratory Service*, 25, 238–268. <https://europepmc.org/article/med/6013600>
- Bohannon, R. W. (2019). Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1681–1691. <https://doi.org/10.2147/CIA.S194543>
- Böhm, K., Tesch-Römer, C., & Ziese, T. (2008). *Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes Gesundheit und Krankheit im Alter*. Robert Koch-Institut.
- Bötzel, K. (2019). Gangstörungen und Stürze. In *Neurogeriatrie* (S. 123–138). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57358-7_9
- Briggs, R., McDonough, A., Ellis, G., Bennett, K., O'Neill, D., & Robinson, D. (2022). Comprehensive Geriatric Assessment for community-dwelling, high-risk, frail, older people. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 5(5). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012705.pub2>
- Bryant, K., Sorich, M. J., Woodman, R. J., & Mangoni, A. A. (2019). Validation and Adaptation of the Multidimensional Prognostic Index in an Older

- Australian Cohort. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), 1820.
<https://doi.org/10.3390/JCM8111820>
- Büsching, G. (2015). Short Physical Performance Battery Test – Ein Muss in der Geriatrie. *physiopraxis*, 13(01), 42–43. <https://doi.org/10.1055/S-0034-1399816>
- Byeon, J. Y., Lee, M. K., Yu, M. S., Kang, M. J., Lee, D. H., Kim, K. C., Im, J. A., Kim, S. H., & Jeon, J. Y. (2019). Lower Relative Handgrip Strength is Significantly Associated with a Higher Prevalence of the Metabolic Syndrome in Adults. *Metabolic syndrome and related disorders*, 17(5), 280–288. <https://doi.org/10.1089/MET.2018.0111>
- Cabanas-Sánchez, V., Esteban-Cornejo, I., Parra-Soto, S., Petermann-Rocha, F., Gray, S. R., Rodríguez-Artalejo, F., Ho, F. K., Pell, J. P., Martínez-Gómez, D., & Celis-Morales, C. (2022). Muscle strength and incidence of depression and anxiety: findings from the UK Biobank prospective cohort study. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 13(4), 1983–1994. <https://doi.org/10.1002/JCSM.12963>
- Calderón-Larrañaga, A., Vetrano, D. L., Ferrucci, L., Mercer, S. W., Marengoni, A., Onder, G., Eriksdotter, M., & Fratiglioni, L. (2019). Multimorbidity and functional impairment–bidirectional interplay, synergistic effects and common pathways. *Journal of Internal Medicine*, 285(3), 255–271. <https://doi.org/10.1111/joim.12843>
- Chen, W. C., Li, Y. T., Tung, T. H., Chen, C., & Tsai, C. Y. (2021). The relationship between falling and fear of falling among community-dwelling elderly. *Medicine*, 100(26). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026492>
- Choi, K. H., Kim, D. M., Lee, S. Y., Lee, J. H., & Kong, Y. K. (2018). Evaluation of the controlled grip force exertion tasks associated with age, gender, handedness and target force level. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE*, 24(4), 507–515. <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1322832>
- Chua, K. Y., Lim, W. S., Lin, X., Yuan, J. M., & Koh, W. P. (2020). Handgrip Strength and Timed Up-and-Go (TUG) Test are Predictors of Short-Term Mortality among Elderly in a Population-Based Cohort in Singapore. *The journal of nutrition, health & aging*, 24(4), 371–378. <https://doi.org/10.1007/S12603-020-1337-0>
- Cigarán-Méndez, M., Úbeda-D'Ocasar, E., Arias-Buría, J. L., Fernández-de-las-Peñas, C., Gallego-Sendarrubias, G. M., & Valera-Calero, J. A. (2022). The hand grip force test as a measure of physical function in women with fibromyalgia. *Scientific Reports*, 12(1), 3414. <https://doi.org/10.1038/S41598-022-07480-1>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. ed., Bd. 2). Erlbaum.
<https://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- Cooper, R., Kuh, D., & Hardy, R. (2010). Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*, 341(7774), 639. <https://doi.org/10.1136/BMJ.C4467>
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J. P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M., & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on

- Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*, 39(4), 412–423.
<https://doi.org/10.1093/AGEING/AFQ034>
- Cruz-Jentoft, A. J., Daragjati, J., Fratiglioni, L., Maggi, S., Mangoni, A. A., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Polidori, M. C., Topinkova, E., Ferrucci, L., Pilotto, A., Angleman, S. B., Bureau, M. L., Brunet, T., Cella, A., Custodero, C., Custureri, R., Egberts, A., Durando, M., ... Welmer, A. K. (2020). Using the Multidimensional Prognostic Index (MPI) to improve cost-effectiveness of interventions in multimorbid frail older persons: results and final recommendations from the MPI_AGE European Project. *Aging clinical and experimental research*, 32(5), 861–868. <https://doi.org/10.1007/S40520-020-01516-0>
- Dent, E., Kowal, P., & Hoogendijk, E. O. (2016). Frailty measurement in research and clinical practice: A review. *European Journal of Internal Medicine*, 31, 3–10. <https://doi.org/10.1016/J.EJIM.2016.03.007>
- Deutscher Ethikrat. (2011). Knappheit. In Deutscher Ethikrat (Hrsg.), *Nutzen und Kosten im Gesundheitswesen - Zur normativen Funktion ihrer Bewertung* (S. 13–22). Mercedes-Druck.
- Dommershuijsen, L. J., Isik, B. M., Darweesh, S. K. L., van der Geest, J. N., Kamran Ikram, M., & Arfan Ikram, M. (2020). Unraveling the Association Between Gait and Mortality - One Step at a Time. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 75(6), 1184. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLZ282>
- Eckstein, P. P. (2016). *Angewandte Statistik mit SPSS: Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler* (8., illustriert, Bd. 8). Springer.
- Ellis, G., Whitehead, M. A., Robinson, D., O'Neill, D., & Langhorne, P. (2011). Comprehensive geriatric assessment for older adults admitted to hospital: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ (Clinical research ed.)*, 343(7832), 1034. <https://doi.org/10.1136/BMJ.D6553>
- Engstler, H., Nowossadeck, S., Hoffmann, E., & Tesch-Roemer, C. (2004). Die Zeitverwendung älterer Menschen. In *Alltag in Deutschland - Analysen zur Zeitverwendung* (S. 216–246). https://www.researchgate.net/publication/265059122_Die_Zeitverwendung_älterer_Menschen
- Ensrud, K. E., Lui, L. Y., Paudel, M. L., Schousboe, J. T., Kats, A. M., Cauley, J. A., McCulloch, C. E., Yaffe, K., Cawthon, P. M., Hillier, T. A., & Taylor, B. C. (2016). Effects of Mobility and Cognition on Risk of Mortality in Women in Late Life: A Prospective Study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 71(6), 759–765. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLV220>
- Erkinjuntti, T., Sulkava, R., Wikström, J., & Autio, L. (1987). Short Portable Mental Status Questionnaire as a screening test for dementia and delirium among the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*, 35(5), 412–416. <https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.1987.TB04662.X>
- Felicio, D. C., Pereira, D. S., Assumpção, A. M., de Jesus-Moraleida, F. R., de Queiroz, B. Z., da Silva, J. P., de Brito Rosa, N. M., Dias, J. M. D., & Pereira, L. S. M. (2014). Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community - dwelling elderly women. *Geriatrics & gerontology international*, 14(1), 185–189. <https://doi.org/10.1111/GGI.12077>
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock „n“ roll)* (Bd. 3). SAGE Publications.

- Field, A. P. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th Edition). Sage Publications Ltd. <https://www.amazon.de/Discovering-Statistics-Using-IBM-SPSS/dp/1526419521>
- Freedman, R. A., Keating, N. L., Pace, L. E., Lii, J., McCarthy, E. P., & Schonberg, M. A. (2017). Use of Surveillance Mammography Among Older Breast Cancer Survivors by Life Expectancy. *Journal of Clinical Oncology*, 35(27), 3123. <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.72.1209>
- Freiberger, E., De Vreede, P., Schoene, D., Rydwick, E., Mueller, V., Frändin, K., & Hopman-Rock, M. (2012). Performance-based physical function in older community-dwelling persons: a systematic review of instruments. *Age and ageing*, 41(6), 712–721. <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFS099>
- Gale, C. R., Martyn, C. N., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2007). Grip strength, body composition, and mortality. *International Journal of Epidemiology*, 36(1), 228–235. <https://doi.org/10.1093/ije/dyl224>
- Gallucci, M., Battistella, G., Bergamelli, C., Spagnolo, P., Mazzuco, S., Carlini, A., Di Giorgi, E., Boldrini, P., & Pilotto, A. (2014). Multidimensional Prognostic Index in a Cognitive Impairment Outpatient Setting: Mortality and Hospitalizations. The Treviso Dementia (TREDEM) Study. *Journal of Alzheimer's Disease*, 42(4), 1461–1468. <https://doi.org/10.3233/JAD-140516>
- Geritz, J., Maetzold, S., Steffen, M., Pilotto, A., Corrà, M. F., Moscovich, M., Rizzetti, M. C., Borroni, B., Padovani, A., Alpes, A., Bang, C., Barcellos, I., Baron, R., Bartsch, T., Becktepe, J. S., Berg, D., Bergeest, L. M., Bergmann, P., Bouça-Machado, R., ... Maetzler, W. (2020). Motor, cognitive and mobility deficits in 1000 geriatric patients: protocol of a quantitative observational study before and after routine clinical geriatric treatment - The ComOn-study. *BMC Geriatrics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12877-020-1445-Z>
- Gill, T. M. (2012). The central role of prognosis in clinical decision making. *Jama*, 307(2), 199. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2011.1992>
- Guigoz, Y., Lauque, S., & Vellas, B. J. (2002). Identifying the elderly at risk for malnutrition the mini nutritional assessment. *Clinics in Geriatric Medicine*, 18(4), 737–757. [https://doi.org/10.1016/S0749-0690\(02\)00059-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0690(02)00059-9)
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., Salive, M. E., & Wallace, R. B. (1995). Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *The New England Journal of Medicine*, 332(9), 556–562. <https://doi.org/10.1056/NEJM199503023320902>
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*, 49(2). <https://doi.org/10.1093/GERONJ/49.2.M85>
- Hansen, C., Ortlieb, C., Romijnders, R., Warmerdam, E., Welzel, J., Geritz, J., & Maetzler, W. (2022). Reliability of IMU-Derived Temporal Gait Parameters in Neurological Diseases. *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 2304, 22(6), 2304. <https://doi.org/10.3390/S22062304>
- Hayes, A. F., & Cai, L. (2007). Using heteroskedasticity-consistent standard error estimators in OLS regression: An introduction and software implementation. *Behavior Research Methods*, 39(4), 709–722. <https://doi.org/10.3758/BF03192961/METRICS>

- Ho, I. S. S., Azcoaga-Lorenzo, A., Akbari, A., Davies, J., Khunti, K., Kadam, U. T., Lyons, R. A., McCowan, C., Mercer, S. W., Nirantharakumar, K., Staniszevska, S., & Guthrie, B. (2022). Measuring multimorbidity in research: Delphi consensus study. *BMJ Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2022-000247>
- Hofer, B., Nagl, L., Hofer, F., & Stauder, R. (2017). Geriatrisches Assessment bei Patienten mit hämatologischen Neoplasien. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 50(3), 247–258. <https://doi.org/10.1007/S00391-017-1222-6/TABLES/4>
- Hollman, J. H., McDade, E. M., & Petersen, R. C. (2011). Normative Spatiotemporal Gait Parameters in Older Adults. *Gait & posture*, 34(1), 111. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2011.03.024>
- Holt-Lunstad, J., Smith, T. B., Baker, M., Harris, T., & Stephenson, D. (2015). Loneliness and social isolation as risk factors for mortality: a meta-analytic review. *Perspectives on psychological science: a journal of the Association for Psychological Science*, 10(2), 227–237. <https://doi.org/10.1177/1745691614568352>
- Hudon, C., Fortin, M., & Vanasse, A. (2005). Cumulative Illness Rating Scale was a reliable and valid index in a family practice context. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58(6), 603–608. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2004.10.017>
- Hüllemann, P., & Baron, R. (2019). Schmerzen. In *Neurogeriatrie* (S. 271–292). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57358-7_16
- Jabłonowska-Lietz, B., Wrzosek, M., Włodarczyk, M., & Nowicka, G. (2017). New indexes of body fat distribution, visceral adiposity index, body adiposity index, waist-to-height ratio, and metabolic disturbances in the obese. *Kardiologia polska*, 75(11), 1185–1191. <https://doi.org/10.5603/KP.A2017.0149>
- Jahn, K., Freiberger, E., Eskofier, B. M., Bollheimer, C., & Klucken, J. (2019). Balance and mobility in geriatric patients: Assessment and treatment of neurological aspects. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 52(4), 316–323. <https://doi.org/10.1007/S00391-019-01561-Z>
- Jani, B. D., Hanlon, P., Nicholl, B. I., McQueenie, R., Gallacher, K. I., Lee, D., & Mair, F. S. (2019). Relationship between multimorbidity, demographic factors and mortality: findings from the UK Biobank cohort. *BMC Medicine*, 17(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1305-x>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/JAPPL.2000.89.1.81>
- Joob, B., & Wiwanitkit, V. (2012). Multidimensional Prognostic Index and the Estimated Glomerular Filtration Rate. *Rejuvenation Research*, 15(3), 338. <https://doi.org/10.1089/REJ.2012.1327>
- Jung, H. W., Roh, H., Cho, Y., Jeong, J., Shin, Y. S., Lim, J. Y., Guralnik, J. M., & Park, J. (2019). Validation of a Multi-Sensor-Based Kiosk for Short Physical Performance Battery. *Journal of the American Geriatrics Society*, 67(12), 2605–2609. <https://doi.org/10.1111/JGS.16135>
- Katz, S. (1983). Assessing Self-maintenance: Activities of Daily Living, Mobility, and Instrumental Activities of Daily Living. *Journal of the American Geriatrics Society*, 31(12), 721–727. <https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.1983.TB03391.X>

- Katz, S., Downs, T. D., Cash, H. R., & Grotz, R. C. (1970). Progress in Development of the Index of ADL. *The Gerontologist*, 10(1), 20–30. https://doi.org/10.1093/GERONT/10.1_PART_1.20
- Kim, K. M., Jang, H. C., & Lim, S. (2016). Differences among skeletal muscle mass indices derived from height-, weight-, and body mass index-adjusted models in assessing sarcopenia. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 31(4), 643. <https://doi.org/10.3904/KJIM.2016.015>
- Kim, S. H., Kim, T., Park, J. C., & Kim, Y. H. (2022). Usefulness of hand grip strength to estimate other physical fitness parameters in older adults. *Scientific Reports*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/S41598-022-22477-6/FIGURES/3>
- Kim, Y. H., Kim, K. Il, Paik, N. J., Kim, K. W., Jang, H. C., & Lim, J. Y. (2016). Muscle strength: A better index of low physical performance than muscle mass in older adults. *Geriatrics & gerontology international*, 16(5), 577–585. <https://doi.org/10.1111/GGI.12514>
- Kirkwood, T. B. L. (2008). A systematic look at an old problem. *Nature*, 451(7179), 644–647. <https://doi.org/10.1038/451644a>
- Kudelka, J. (2021). *Prädiktoren für die motorische Funktion von geriatrischen Patient*innen und ihre Veränderung nach einer frührehabilitativen geriatrischen Komplexbehandlung anhand der Short Physical Performance Battery (SPPB)* [Med. Diss.]. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Kudelka, J., Geritz, J., Welzel, J., Hildesheim, H., Maetzler, C., Emmert, K., Niemann, K., Hobert, M. A., Pilotto, A., Bergmann, P., & Maetzler, W. (2022). What contributes most to the SPPB and its subscores in hospitalized geriatric patients: an ICF model-based approach. *BMC Geriatrics*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03358-z>
- Larsen, R. (2021). Geriatrische Patienten. In *Larsens Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege* (S. 373–379). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63127-0_25
- Lee, S. J., Leipzig, R. M., & Walter, L. C. (2013). “When Will it Help?” Incorporating Lagtime to Benefit into Prevention Decisions for Older Adults. *JAMA*, 310(24), 2609. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2013.282612>
- Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A., Seron, P., Ahmed, S. H., Rosengren, A., Kelishadi, R., Rahman, O., Swaminathan, S., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S. A., Oguz, A., Yusuf, K., Zatonska, K., Chifamba, J., ... Yusuf, S. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet (London, England)*, 386(9990), 266–273. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62000-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62000-6)
- Leyk, D., Gorges, W., Ridder, D., Wunderlich, M., Rütger, T., Sievert, A., & Essfeld, D. (2007). Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *European journal of applied physiology*, 99(4), 415–421. <https://doi.org/10.1007/S00421-006-0351-1>
- López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6), 1194. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2013.05.039>
- López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2023). Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell*, 186(2), 243–278. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2022.11.001>

- Lübke, N., Ernst, F., & Meinck, M. (2015). Was ist Geriatrie? *Kompodium Begutachtungswissen Geriatrie*, 1–5. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44296-8_1
- Maetzler, W., Drey, M., & Jacobs, A. H. (2015). Sarcopenia and frailty in neurology. *Der Nervenarzt*, 86(4), 420–430. <https://doi.org/10.1007/S00115-014-4181-9>
- Mandsager, K., Harb, S., Cremer, P., Phelan, D., Nissen, S. E., & Jaber, W. (2018). Association of Cardiorespiratory Fitness With Long-term Mortality Among Adults Undergoing Exercise Treadmill Testing. *JAMA network open*, 1(6). <https://doi.org/10.1001/JAMANETWORKOPEN.2018.3605>
- Martin-Ruiz, C., & Von Zglinicki, T. (2014). Biomarkers of healthy ageing: expectations and validation. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 73(3), 422–429. <https://doi.org/10.1017/S0029665114000147>
- McNally, M., Curtain, J., O'Brien, K. K., Dimitrov, B. D., & Fahey, T. (2010). Validity of British Thoracic Society guidance (the CRB-65 rule) for predicting the severity of pneumonia in general practice: systematic review and meta-analysis. *The British Journal of General Practice*, 60(579), 423. <https://doi.org/10.3399/BJGP10X532422>
- Mehdizadeh, S., Faieghi, M., Sabo, A., Nabavi, H., Mansfield, A., Flint, A. J., Taati, B., & Iaboni, A. (2021). Gait changes over time in hospitalized older adults with advanced dementia: Predictors of mobility change. *PLOS ONE*, 16(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259975>
- Melzer, D., Pilling, L. C., & Ferrucci, L. (2020). The genetics of human ageing. *Nature reviews. Genetics*, 21(2), 88–101. <https://doi.org/10.1038/S41576-019-0183-6>
- Merchant, R. A., Chan, Y. H., Lim, J. Y., & Emorley, J. (2020). Prevalence of Metabolic Syndrome and Association with Grip Strength in Older Adults: Findings from the HOPE Study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 13, 2677–2686. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S260544>
- Meyer, A. M., Becker, I., Siri, G., Brinkkötter, P. T., Benzing, T., Pilotto, A., & Polidori, M. C. (2019). New associations of the Multidimensional Prognostic Index. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 52(5), 460–467. <https://doi.org/10.1007/S00391-018-01471-6/TABLES/3>
- Mottet, N., Bellmunt, J., Bolla, M., Briers, E., Cumberbatch, M. G., De Santis, M., Fossati, N., Gross, T., Henry, A. M., Joniau, S., Lam, T. B., Mason, M. D., Matveev, V. B., Moldovan, P. C., van den Bergh, R. C. N., Van den Broeck, T., van der Poel, H. G., van der Kwast, T. H., Rouvière, O., ... Cornford, P. (2017). EAU-ESTRO-SIOG Guidelines on Prostate Cancer. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent. *European urology*, 71(4), 618–629. <https://doi.org/10.1016/J.EURURO.2016.08.003>
- Navarrete-Villanueva, D., Gómez-Cabello, A., Marín-Puyalto, J., Moreno, L. A., Vicente-Rodríguez, G., & Casajús, J. A. (2021). Frailty and Physical Fitness in Elderly People: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(1), 143–160. <https://doi.org/10.1007/S40279-020-01361-1>
- Neubart, R. (2018a). Der geriatrische Behandlungsprozess. In *Repetitorium Geriatrie* (S. 93–108). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56479-0>
- Neubart, R. (2018b). Der geriatrische Patient. In *Repetitorium Geriatrie* (S. 9–15). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56479-0_3

- Neubart, R., Neubart, S., & Bosbach, A. V. (2018). Multiprofessionalität in der modernen Geriatrie. In *Repetitorium Geriatrie* (S. 25–60). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56479-0>
- Noethen, M. (2011). Hohe Kosten im Gesundheitswesen: eine Frage des Alters? In *Wirtschaft und Statistik* (S. 665–675). Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Nowossadeck, E. (2012). Demografische Alterung und Folgen für das Gesundheitswesen. *GBE kompakt. Zahlen und Trends aus der Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, 3(2).
- O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Qual Quant*, 41(5), 673–690. <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>
- Ong, A. D., Uchino, B. N., & Wethington, E. (2016). Loneliness and Health in Older Adults: A Mini-Review and Synthesis. *Gerontology*, 62(4), 443–449. <https://doi.org/10.1159/000441651>
- Pahor, M., Guralnik, J. M., Ambrosius, W. T., Blair, S., Bonds, D. E., Church, T. S., Espeland, M. A., Fielding, R. A., Gill, T. M., Groessl, E. J., King, A. C., Kritchevsky, S. B., Manini, T. M., McDermott, M. M., Miller, M. E., Newman, A. B., Rejeski, W. J., Sink, K. M., & Williamson, J. D. (2014). Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE study randomized clinical trial. *JAMA*, 311(23), 2387–2396. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2014.5616>
- Paixao, C. M., & Prufer De Queiroz Campos Araújo, A. (2010). Frailty and vulnerability: Are the two terms equivalent in paediatrics and geriatrics? *European Geriatric Medicine*, 1(3), 166–169. <https://doi.org/10.1016/J.EURGER.2010.05.002>
- Palladino, R., Tayu Lee, J., Ashworth, M., Triassi, M., & Millett, C. (2016). Associations between multimorbidity, healthcare utilisation and health status: evidence from 16 European countries. *Age and Ageing*, 45(3), 431–435. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw044>
- Park, J. W., Baek, S. H., Sung, J. H., & Kim, B. J. (2022). Predictors of Step Length from Surface Electromyography and Body Impedance Analysis Parameters. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(15), 5686. <https://doi.org/10.3390/S22155686>
- Parmelee, P. A., Thuras, P. D., Katz, I. R., & Lawton, M. P. (1995). Validation of the Cumulative Illness Rating Scale in a Geriatric Residential Population. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(2), 130–137. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb06377.x>
- Pavasini, R., Guralnik, J., Brown, J. C., di Bari, M., Cesari, M., Landi, F., Vaes, B., Legrand, D., Verghese, J., Wang, C., Stenholm, S., Ferrucci, L., Lai, J. C., Bartes, A. A., Espauella, J., Ferrer, M., Lim, J. Y., Ensrud, K. E., Cawthon, P., ... Campo, G. (2016). Short Physical Performance Battery and all-cause mortality: Systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0763-7>
- Penninx, B. W., Ferrucci, L., Leveille, S. G., Rantanen, T., Pahor, M., & Guralnik, J. M. (2000). Lower extremity performance in nondisabled older persons as a predictor of subsequent hospitalization. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(11), M691–M697. <https://doi.org/10.1093/GERONA/55.11.M691>
- Peters, M. L. (2010). The Older Adult in the Emergency Department: Aging and Atypical Illness Presentation. *Journal of Emergency Nursing*, 36(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2009.06.014>

- Pfeiffer, E. (1975). A short portable mental status questionnaire for the assessment of organic brain deficit in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 23(10), 433–441.
<https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.1975.TB00927.X>
- Pham, M. H., Elshehabi, M., Haertner, L., Del Din, S., Srulijes, K., Heger, T., Synofzik, M., Hobert, M. A., Faber, G. S., Hansen, C., Salkovic, D., Ferreira, J. J., Berg, D., Sanchez-Ferro, álvoro, van Dieën, J. H., Becker, C., Rochester, L., Schmidt, G., & Maetzler, W. (2017). Validation of a Step Detection Algorithm during Straight Walking and Turning in Patients with Parkinson's Disease and Older Adults Using an Inertial Measurement Unit at the Lower Back. *Frontiers in neurology*, 8(SEP).
<https://doi.org/10.3389/FNEUR.2017.00457>
- Pilotto, A., Addante, F., Ferrucci, L., Leandro, G., D'Onofrio, G., Corritore, M., Niro, V., Scarcelli, C., Dallapiccola, B., & Franceschi, M. (2009). The Multidimensional Prognostic Index Predicts Short- and Long-Term Mortality in Hospitalized Geriatric Patients With Pneumonia. *The Journals of Gerontology: Series A*, 64A(8), 880–887.
<https://doi.org/10.1093/GERONA/GLP031>
- Pilotto, A., Cella, A., Pilotto, A., Daragjati, J., Veronese, N., Musacchio, C., Mello, A. M., Logroscino, G., Padovani, A., Prete, C., & Panza, F. (2017). Three Decades of Comprehensive Geriatric Assessment: Evidence Coming From Different Healthcare Settings and Specific Clinical Conditions. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(2), 192.e1-192.e11.
<https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.11.004>
- Pilotto, A., Custodero, C., Maggi, S., Polidori, M. C., Veronese, N., & Ferrucci, L. (2020). A multidimensional approach to frailty in older people. *Ageing research reviews*, 60. <https://doi.org/10.1016/J.ARR.2020.101047>
- Pilotto, A., Ferrucci, L., Franceschi, M., D'Ambrosio, L. P., Scarcelli, C., Cascavilla, L., Paris, F., Placentino, G., Seripa, D., Dallapiccola, B., & Leandro, G. (2008). Development and Validation of a Multidimensional Prognostic Index for One-Year Mortality from Comprehensive Geriatric Assessment in Hospitalized Older Patients. *Rejuvenation research*, 11(1), 151. <https://doi.org/10.1089/REJ.2007.0569>
- Pilotto, A., Gallina, P., Copetti, M., Pilotto, A., Marcato, F., Mello, A. M., Simonato, M., Logroscino, G., Padovani, A., Ferrucci, L., Panza, F., Cruz-Jentoft, A., Daragjati, J., Maggi, S., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Polidori, M. C., Fontana, A., Topinkova, E., ... Welmer, A. K. (2016). Warfarin Treatment and All-Cause Mortality in Community-Dwelling Older Adults with Atrial Fibrillation: A Retrospective Observational Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(7), 1416–1424.
<https://doi.org/10.1111/JGS.14221>
- Pilotto, A., Gallina, P., Panza, F., Copetti, M., Cella, A., Cruz-Jentoft, A., Daragjati, J., Ferrucci, L., Maggi, S., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Polidori, M. C., Topinkova, E., Trifirò, G., Welmer, A. K., Strandberg, T., & Marchionni, N. (2016). Relation of Statin Use and Mortality in Community-Dwelling Frail Older Patients With Coronary Artery Disease. *The American journal of cardiology*, 118(11), 1624–1630.
<https://doi.org/10.1016/J.AMJCARD.2016.08.042>
- Pilotto, A., Panza, F., Copetti, M., Simonato, M., Sancarolo, D., Gallina, P., Strandberg, T., Cruz-Jentoft, A., Daragjati, J., Ferrucci, L., Fontana, A., Maggi, S., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Polidori, M. C., Schulz, R. J.,

- Topinkova, E., Trifirò, G., & Welmer, A. K. (2015). Statin Treatment and Mortality in Community-Dwelling Frail Older Patients with Diabetes Mellitus: A Retrospective Observational Study. *PloS one*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0130946>
- Pilotto, A., Polidori, M. C., Veronese, N., Panza, F., Arboretti Giancristofaro, R., Pilotto, A., Daragjati, J., Carrozzo, E., Prete, C., Gallina, P., Padovani, A., Maggi, S., Cruz-Jentoft, A., Durando, M., Ferrucci, L., Fratiglioni, L., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Ruppe, G., ... Welmer, A. K. (2018). Association of Antidementia Drugs and Mortality in Community-Dwelling Frail Older Patients With Dementia: The Role of Mortality Risk Assessment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 19(2), 162–168. <https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2017.08.017>
- Pilotto, A., Rengo, F., Marchionni, N., Sancarlo, D., Fontana, A., Panza, F., & Ferrucci, L. (2012). Comparing the prognostic accuracy for all-cause mortality of frailty instruments: a multicentre 1-year follow-up in hospitalized older patients. *PloS one*, 7(1). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0029090>
- Pilotto, A., Sancarlo, D., Panza, F., Paris, F., D'Onofrio, G., Cascavilla, L., Addante, F., Seripa, D., Solfrizzi, V., Dallapiccola, B., Franceschi, M., & Ferrucci, L. (2009). The Multidimensional Prognostic Index (MPI), Based on a Comprehensive Geriatric Assessment, Predicts Short- and Long-Term Mortality in Hospitalized Older Patients with Dementia. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 18(1), 191. <https://doi.org/10.3233/JAD-2009-1139>
- Pilotto, A., Veronese, N., Daragjati, J., Cruz-Jentoft, A. J., Polidori, M. C., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Topinkova, E., Siri, G., Greco, A., Mangoni, A. A., Maggi, S., & Ferrucci, L. (2019). Using the Multidimensional Prognostic Index to Predict Clinical Outcomes of Hospitalized Older Persons: A Prospective, Multicenter, International Study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 74(10), 1643–1649. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLY239>
- Polidori, M. C. (2017). Target and patient-oriented care using the comprehensive geriatric assessment: Prognosis estimation for clinical decisions with elderly patients. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 50(8), 706–709. <https://doi.org/10.1007/S00391-017-1332-1>
- Pradeep Kumar, D., Toosizadeh, N., Mohler, J., Ehsani, H., Mannier, C., & Laksari, K. (2020). Sensor-based characterization of daily walking: a new paradigm in pre-frailty/frailty assessment. *BMC Geriatrics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12877-020-01572-1>
- Rantanen, T., Guralnik, J. M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Curb, J. D., & White, L. (1999). Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, 281(6), 558–560. <https://doi.org/10.1001/JAMA.281.6.558>
- Rijk, J. M., Roos, P. R. K. M., Deckx, L., Van den Akker, M., & Buntinx, F. (2016). Prognostic value of handgrip strength in people aged 60 years and older: A systematic review and meta-analysis. *Geriatrics & gerontology international*, 16(1), 5–20. <https://doi.org/10.1111/GGI.12508>
- Rizzuto, D., Melis, R. J. F., Angleman, S., Qiu, C., & Marengoni, A. (2017). Effect of Chronic Diseases and Multimorbidity on Survival and Functioning in Elderly Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(5), 1056–1060. <https://doi.org/10.1111/jgs.14868>

- Robert Koch-Institut. (2015). *Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und DESTATIS*. <https://doi.org/10.17886/rkipubl-2015-003>
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and ageing*, 40(4), 423–429. <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFR051>
- Rodríguez-Molinero, A., Herrero-Larrea, A., Miñarro, A., Narvaiza, L., Gálvez-Barrón, C., Gonzalo León, N., Valldosera, E., de Mingo, E., Macho, O., Aivar, D., Pinzón, E., Alba, A., Passarelli, J., Stasi, N., Valverde, R. A., Kruse, L., Felipe, E., Collado, I., & Sabater, J. B. (2019). The spatial parameters of gait and their association with falls, functional decline and death in older adults: a prospective study. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-019-45113-2>
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35(SUPPL.2). <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFL084>
- Salis, F., Cossu, E., & Mandas, A. (2023). The multidimensional prognostic index (MPI) predicts long-term mortality in old type 2 diabetes mellitus patients: a 13-year follow-up study. *Journal of Endocrinological Investigation*, 47(1), 191–200. <https://doi.org/10.1007/S40618-023-02135-Y/FIGURES/2>
- Salvi, F., Miller, M. D., Grilli, A., Giorgi, R., Towers, A. L., Morichi, V., Spazzafumo, L., Mancinelli, L., Espinosa, E., Rappelli, A., & Dessì-Fulgheri, P. (2008). A Manual of Guidelines to Score the Modified Cumulative Illness Rating Scale and Its Validation in Acute Hospitalized Elderly Patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(10), 1926–1931. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01935.x>
- Samson, M. M., Crowe, A., De Vreede, P. L., Dessens, J. A. G., Duursma, S. A., & Verhaar, H. J. J. (2001). Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight. *Aging (Milan, Italy)*, 13(1), 16–21. <https://doi.org/10.1007/BF03351489>
- Sancarlo, D., D'Onofrio, G., Franceschi, M., Scarcelli, C., Niro, V., Addante, F., Copetti, M., Ferrucci, L., Fontana, L., & Pilotto, A. (2011). Validation of a modified-Multidimensional Prognostic Index (m-MPI) including the Mini Nutritional Assessment Short-Form (MNA-SF) for the prediction of one-year mortality in hospitalized elderly patients. *The journal of nutrition, health & aging*, 15(3), 169. <https://doi.org/10.1007/S12603-010-0293-5>
- Sanderson, W. C., Scherbov, S., Weber, D., & Bordone, V. (2016). Combined Measures of Upper and Lower Body Strength and Subgroup Differences in Subsequent Survival Among the Older Population of England. *Journal of aging and health*, 28(7), 1178–1193. <https://doi.org/10.1177/0898264316656515>
- Sayer, A. A., Syddall, H. E., Martin, H. J., Dennison, E. M., Roberts, H. C., & Cooper, C. (2006). Is grip strength associated with health-related quality of life? Findings from the Hertfordshire Cohort Study. *Age and Ageing*, 35(4), 409–415. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl024>
- Schönstein, A., Wahl, H. W., Katus, H. A., & Bahrmann, A. (2019). SPMSQ for risk stratification of older patients in the emergency department : An exploratory prospective cohort study. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 52(Suppl 4), 222–228. <https://doi.org/10.1007/S00391-019-01626-Z>

- Schorr, M., Dichtel, L. E., Gerweck, A. V., Valera, R. D., Torriani, M., Miller, K. K., & Bredella, M. A. (2018). Sex differences in body composition and association with cardiometabolic risk. *Biology of Sex Differences*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/S13293-018-0189-3>
- Shephard, R. J. (2000). Aging and productivity: some physiological issues. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(5), 535–545. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00036-0)
- St John, P. D., Tyas, S. L., Menec, V., & Tate, R. (2014). Multimorbidity, disability, and mortality in community-dwelling older adults. *Canadian Family Physician*, 60(5), 272–280.
- Statistisches Bundesamt. (2019). *Bevölkerung im Wandel*. www.destatis.de
- Statistisches Bundesamt. (2022a, Juli 27). Krankheitskosten pro Kopf gleichen sich zwischen Männern und Frauen weiter an. *Pressemitteilung Nr. 316*.
- Statistisches Bundesamt. (2022b, Dezember 2). 15. koordinierte *Bevölkerungsvorausberechnung - Annahmen und Ergebnisse*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html?nn=208696#veränderung>
- Steiber, N. (2016). Strong or Weak Handgrip? Normative Reference Values for the German Population across the Life Course Stratified by Sex, Age, and Body Height. *PLoS ONE*, 11(10). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0163917>
- Stein, J., & Riedel-Heller, S. G. (2023). Health in old age - status quo, challenges, and opportunities. *Journal of health monitoring*, 8(3), 3–6. <https://doi.org/10.25646/11668>
- Steinman, M. A., Jing, B., Shah, S. J., Rizzo, A., Lee, S. J., Covinsky, K. E., Ritchie, C. S., & Boscardin, W. J. (2023). Development and validation of novel multimorbidity indices for older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 71(1), 121. <https://doi.org/10.1111/JGS.18052>
- Stenholm, S., Koster, A., Valkeinen, H., Patel, K. V., Bandinelli, S., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2016). Association of Physical Activity History With Physical Function and Mortality in Old Age. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 71(4), 496–501. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLV111>
- Struckmann, V., Winkelmann, J., & Busse, R. (2021). Versorgungsprozesse und das Zusammenspiel der Sektoren im internationalen Vergleich. *Krankenhaus-Report 2021*, 3–24. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62708-2_1
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., Brach, J., Chandler, J., Cawthon, P., Connor, E. B., Nevitt, M., Visser, M., Kritchevsky, S., Badinelli, S., Harris, T., Newman, A. B., Cauley, J., Ferrucci, L., & Guralnik, J. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305(1), 50–58. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2010.1923>
- Sverdrup, K., Bergh, S., Selbæk, G., Røen, I., Kirkevold, Ø., & Tangen, G. G. (2018). Mobility and cognition at admission to the nursing home – a cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/S12877-018-0724-4>
- Tesch-Römer, C., & Wurm, S. (2009). Wer sind die Alten? Theoretische Positionen zum Alter und Altern. *Gesundheit und Krankheit im Alter - Gesundheitsberichterstattung des Bundes, gemeinsam getragen vom Deutschen Zentrum für Altersfragen, Destatis und RKI*, 7–20.

- Thiesemann, R. (2009). Feststellung des Präventions- und Rehabilitationsbedarfes hochbetagter Pflegebedürftiger als gutachterliche Aufgabe. *Schwerpunktseminar für Medizinische Gutachter des PKV-Verbandes. Übersetzung nach: Beschluss der United European Medical Societies – Geriatric Medicine Section (UEMS-GMS), 03. Mai 2008, Malta.*
- Ungar, A., Mannarino, G., van der Velde, N., Baan, J., Thibodeau, M. P., Masson, J. B., Santoro, G., van Mourik, M., Jansen, S., Deutsch, C., Bramlage, P., Kurucova, J., Thoenes, M., Maggi, S., & Schoenenberger, A. W. (2018). Comprehensive geriatric assessment in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation - Results from the CGATAVI multicentre registry. *BMC Cardiovascular Disorders*, 18(1).
<https://doi.org/10.1186/s12872-017-0740-x>
- Urban, D., & Mayerl, J. (2018). *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-01915-0>
- Van der Zee, E. N., Noordhuis, L. M., Epker, J. L., van Leeuwen, N., Wijnhoven, B. P. L., Benoit, D. D., Bakker, J., & Kompanje, E. J. O. (2021). Assessment of mortality and performance status in critically ill cancer patients: A retrospective cohort study. *PLoS ONE*, 16(6).
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0252771>
- Van Mourik, M. S., Van Der Velde, N., Mannarino, G., Thibodeau, M. P., Masson, J. B., Santoro, G., Baan, J., Jansen, S., Kurucova, J., Thoenes, M., Deutsch, C., Schoenenberger, A. W., Ungar, A., Bramlage, P., & Marije Vis, M. (2019). Value of a comprehensive geriatric assessment for predicting one-year outcomes in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: results from the CGA-TAVI multicentre registry. *Journal of geriatric cardiology : JGC*, 16(6), 468–477.
<https://doi.org/10.11909/J.ISSN.1671-5411.2019.06.001>
- VanSwearingen, J. M., & Brach, J. S. (2001). Making geriatric assessment work: selecting useful measures. *Physical therapy*, 81(6), 1233–1252.
- Verghese, J., LeValley, A., Hall, C. B., Katz, M. J., Ambrose, A. F., & Lipton, R. B. (2006). Epidemiology of gait disorders in community-residing older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(2), 255–261.
<https://doi.org/10.1111/J.1532-5415.2005.00580.X>
- Veronese, N., Cella, A., Cruz-Jentoft, A. J., Polidori, M. C., Mattace-Raso, F., Paccalin, M., Topinkova, E., Greco, A., Mangoni, A. A., Daragjati, J., Siri, G., Pilotto, A., Musacchio, C., Custureri, R., Puntoni, M., Simonato, M., Durando, M., Miret-Corchado, C., Montero-Erasquin, B., ... Ferrucci, L. (2020). Enteral tube feeding and mortality in hospitalized older patients: A multicenter longitudinal study. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 39(5), 1608–1612. <https://doi.org/10.1016/J.CLNU.2019.07.011>
- Veronese, N., Siri, G., Cella, A., Maggi, S., Zigoura, E., Puntoni, M., Smith, L., Musacchio, C., Barone, A., Sabbà, C., Vallone, F., & Pilotto, A. (2020). The Multidimensional Prognostic Index Predicts Falls in Older People: An 8-Year Longitudinal Cohort Study of the Osteoarthritis Initiative. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(5), 669–674.
<https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2019.10.002>
- Veronese, N., Stubbs, B., Volpato, S., Zuliani, G., Maggi, S., Cesari, M., Lipnicki, D. M., Smith, L., Schofield, P., Firth, J., Vancampfort, D., Koyanagi, A., Pilotto, A., & Cereda, E. (2018). Association Between Gait Speed With Mortality, Cardiovascular Disease and Cancer: A Systematic Review and

- Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Journal of the American Medical Directors Association*, 19(11), 981–988.
<https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2018.06.007>
- Volpato, S., Bazzano, S., Fontana, A., Ferrucci, L., & Pilotto, A. (2015). Multidimensional Prognostic Index predicts mortality and length of stay during hospitalization in the older patients: a multicenter prospective study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 70(3), 325–331. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLU167>
- Volpato, S., Daragjati, J., Simonato, M., Fontana, A., Ferrucci, L., & Pilotto, A. (2016). Change in the Multidimensional Prognostic Index Score during Hospitalization in Older Patients. *Rejuvenation Research*, 19(3), 244–251. <https://doi.org/10.1089/rej.2015.1715>
- Wach, A., Faßbender, C., Ackermann, H., & Parzeller, M. (2021). Retrospektive Mortalitätsstudie natürlicher Todesfälle der Generation 65+ im Obduktionsgut der Rechtsmedizin Frankfurt am Main anhand zweier Zeitintervalle. *Rechtsmedizin (Berlin, Germany)*, 31(6), 509. <https://doi.org/10.1007/S00194-021-00469-6>
- Walter-Ginzburg, A., Shmotkin, D., Blumstein, T., & Shorek, A. (2005). A gender-based dynamic multidimensional longitudinal analysis of resilience and mortality in the old-old in Israel: the cross-sectional and longitudinal aging study (CALAS). *Social Science & Medicine*, 60(8), 1705–1715. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2004.08.023>
- Warnier, R. M. J., van Rossum, E., van Velthuisen, E., Mulder, W. J., Schols, J. M. G. A., & Kempen, G. I. J. M. (2016). Validity, reliability and feasibility of tools to identify frail older patients in inpatient hospital care: A systematic review. *The Journal of nutrition, health and aging*, 20(2), 218–230. <https://doi.org/10.1007/S12603-015-0567-Z>
- Weber, D., & Loichinger, E. (2022). Live longer, retire later? Developments of healthy life expectancies and working life expectancies between age 50–59 and age 60–69 in Europe. *European Journal of Ageing*, 19(1), 75–93. <https://doi.org/10.1007/S10433-020-00592-5/FIGURES/12>
- Weiße, C. (2013). *Basiswissen Medizinische Statistik* (6.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34261-5>
- Welch, S. A., Ward, R. E., Beauchamp, M. K., Leveille, S. G., Trivison, T., & Bean, J. F. (2021). The Short Physical Performance Battery (SPPB): A Quick and Useful Tool for Fall Risk Stratification Among Older Primary Care Patients. *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(8), 1646–1651. <https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2020.09.038>
- Westman, A. W., Combs-Miller, S., Moore, J., & Ehrlich-Jones, L. (2019). Measurement Characteristics and Clinical Utility of the Short Physical Performance Battery Among Community-Dwelling Older Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(1), 185–187. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.06.003>
- Whelton, S. P., McAuley, P. A., Dardari, Z., Orimoloye, O. A., Michos, E. D., Brawner, C. A., Ehrman, J. K., Keteyian, S. J., Blaha, M. J., & Al-Mallah, M. H. (2021). Fitness and Mortality Among Persons 70 Years and Older Across the Spectrum of Cardiovascular Disease Risk Factor Burden: The FIT Project. *Mayo Clinic proceedings*, 96(9), 2376–2385. <https://doi.org/10.1016/J.MAYOCP.2020.12.039>
- Xu, J., Murphy, S. L., Kochanek, K. D., & Arias, E. (2022). Mortality in the United States, 2021. *NCHS data brief*, 456, 1–8.

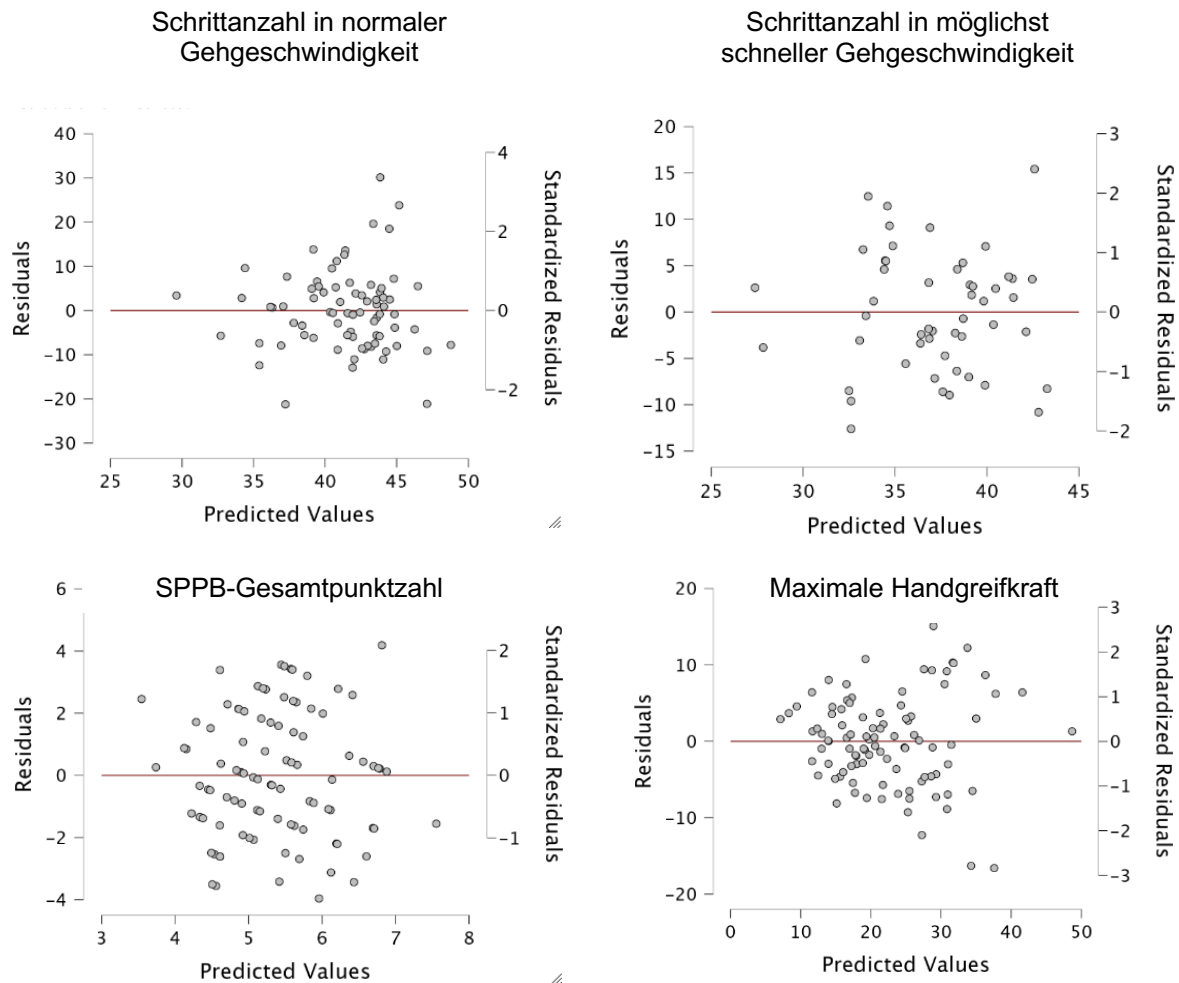
- Xu, Q., Ou, X., & Li, J. (2022). The risk of falls among the aging population: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in public health*, 10. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2022.902599>
- Yourman, L. C., Lee, S. J., Schonberg, M. A., Widera, E. W., & Smith, A. K. (2012). Prognostic Indices for Older Adults: A Systematic Review. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 307(2), 182. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2011.1966>
- Zammit, A. R., Robitaille, A., Piccinin, A. M., Muniz-Terrera, G., & Hofer, S. M. (2019). Associations Between Aging-Related Changes in Grip Strength and Cognitive Function in Older Adults: A Systematic Review. *The Journals of Gerontology: Series A*, 74(4), 519–527. <https://doi.org/10.1093/GERONA/GLY046>
- Zeyfang, A., Hagg-Grün, U., & Nikolaus, T. (2013). *Basiswissen Medizin des Alterns und des alten Menschen*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28905-7>
- Zhang, X. S., Liu, Y. H., Zhang, Y., Xu, Q., Yu, X. M., Yang, X. Y., Liu, Z., Li, H. Z., Li, F., & Xue, C. Y. (2017). Handgrip Strength as a Predictor of Nutritional Status in Chinese Elderly Inpatients at Hospital Admission. *Biomedical and environmental sciences*, 30(11), 802–810. <https://doi.org/10.3967/BES2017.108>
- Zumhasch, R. (2021). Kraft objektiv erfassen – Greifkraftmessung. *ergopraxis*, 14(06), 30–31. <https://doi.org/10.1055/A-1420-0942>

APPENDIX

1 Voraussetzungen der multiplen linearen Regressionsanalysen

Anhang 1.1:

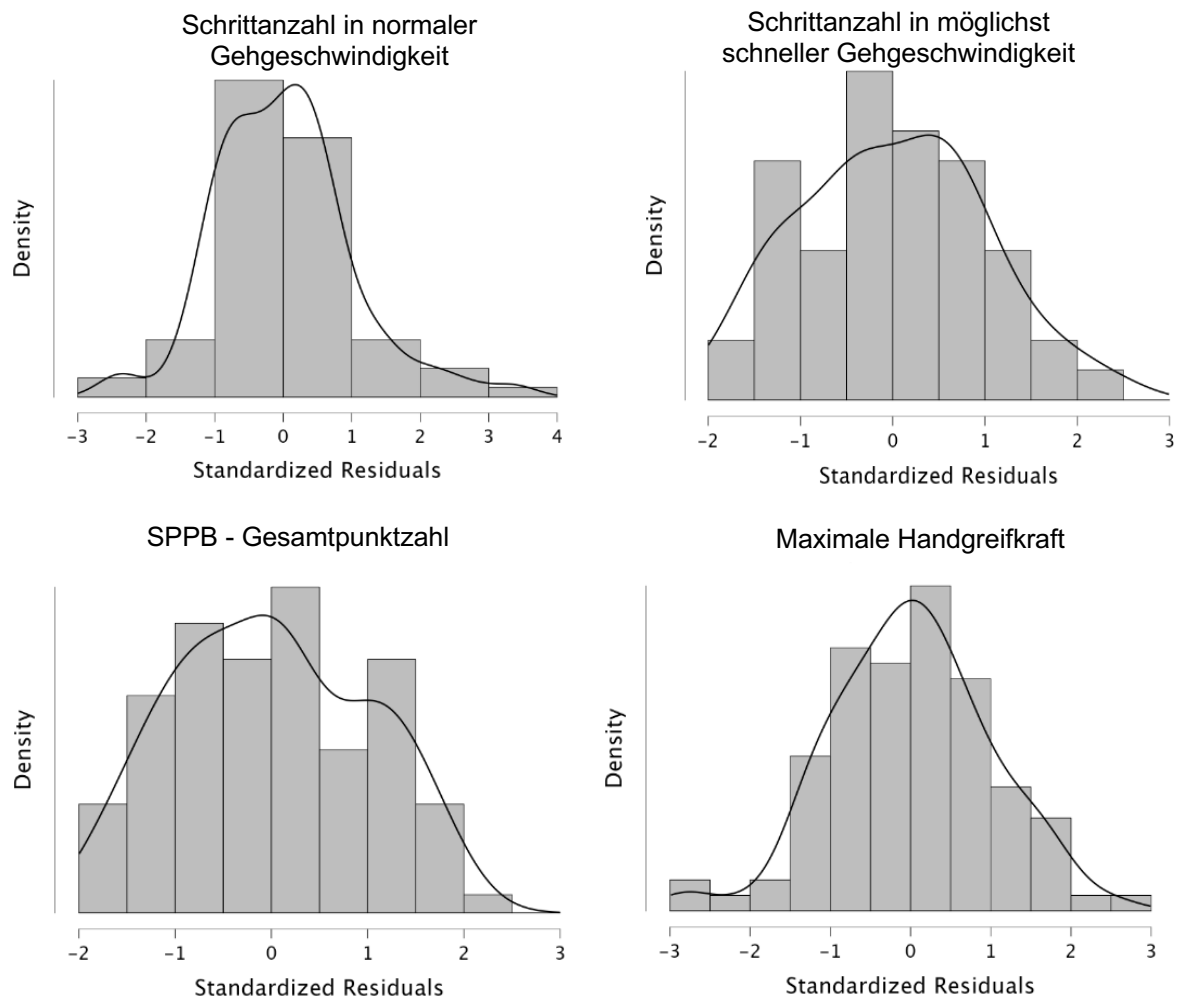
Streudiagramme der Residuen der einzelnen Regressionsmodelle



Anmerkung. SPPB – Short Physical Performance Battery.

Anhang 1.2:

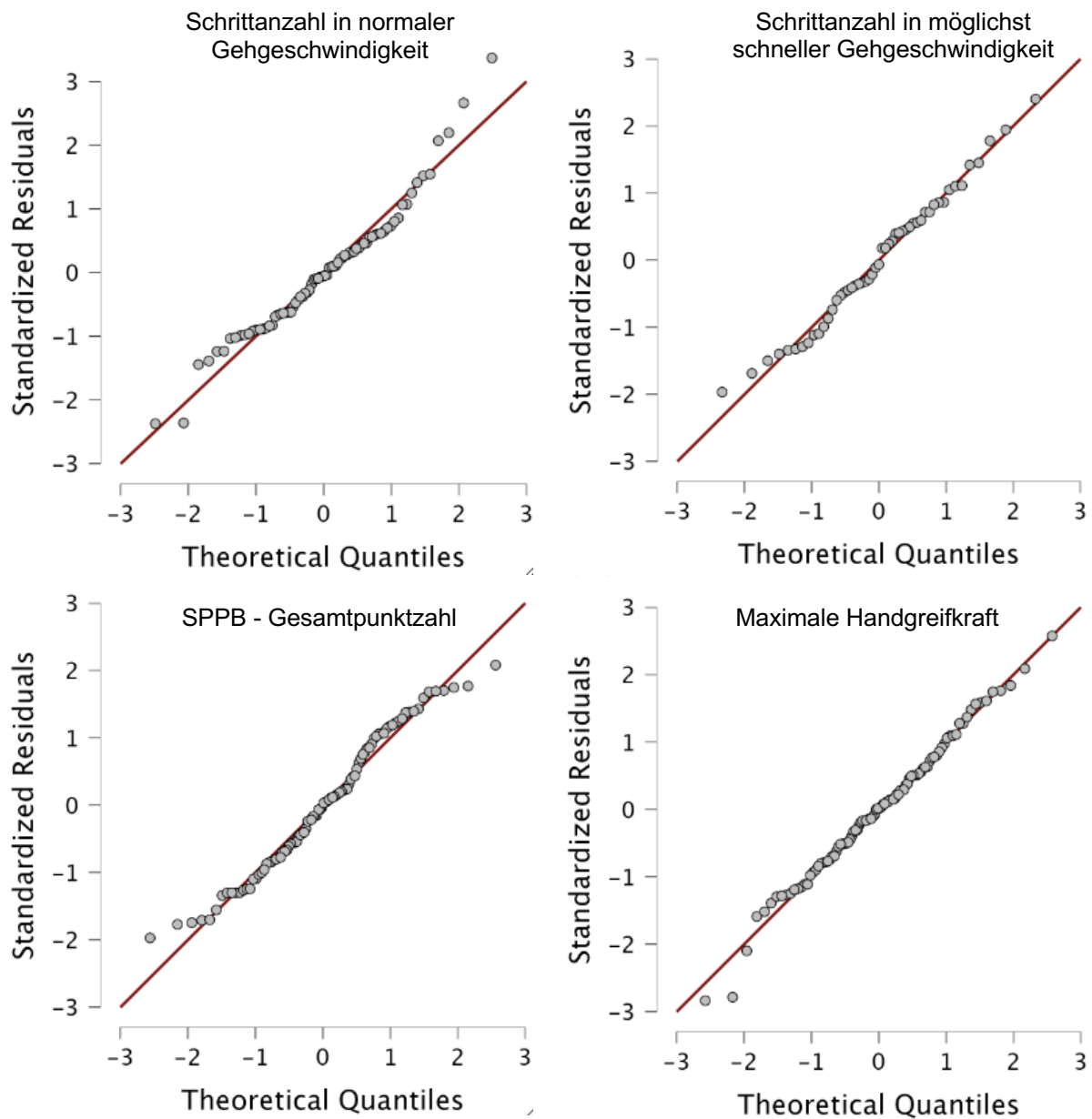
Histogramme der standardisierten Residuen der einzelnen Regressionsmodelle mit eingezeichneter Normalverteilungskurve



Anmerkung. SPPB – Short Physical Performance Battery.

Anhang 1.3:

Q-Q-Diagramme der standardisierten Residuen der einzelnen Regressionsmodelle



Anmerkung. SPPB – Short Physical Performance Battery.

2 Tabellarische Darstellung der Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse

Anhang 2.1:

Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in normaler Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable

Parameter	β	SEM	t	p
Alter	0.183	0.139	1.573	0.120
Geschlecht		3.116	1.563	0.122
Gewicht	0.141	0.076	1.175	0.244
MPI	0.070	6.817	0.609	0.545
Größe	-0.087	0.174	-0.551	0.584

Anmerkung. Signifikante Ergebnisse sind zur besseren Darstellung fett markiert. Die Reihenfolge entspricht aufsteigend der Höhe des p-Werts. Angabe der Parameter mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten β , SEM (standard error of the mean - Standardfehler), t-Wert und p-Wert (Signifikanzniveau). MPI – Multidimensional Prognostic Index.

Anhang 2.2:

Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse mit der Schrittzahl in möglichst schneller Gehgeschwindigkeit als abhängige Variable

Parameter	β	SEM	t	p
Größe	-0.389	0.166	-2.026	0.049
Alter	0.268	0.114	1.930	0.060
MPI	-0.092	6.005	-0.651	0.518
Gewicht	0.052	0.079	0.351	0.727
Geschlecht		2.794	0.014	0.989

Anmerkung. Signifikante Ergebnisse sind zur besseren Darstellung fett markiert. Die Reihenfolge entspricht aufsteigend der Höhe des p-Werts. Angabe der Parameter mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten β , SEM (standard error of the mean - Standardfehler), t-Wert und p-Wert (Signifikanzniveau). MPI – Multidimensional Prognostic Index.

Anhang 2.3:

Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse mit der SPPB-Gesamtpunktzahl als abhängige Variable

Parameter	β	SEM	t	p
MPI	-0.307	1.438	-2.973	0.004
Alter	-0.074	0.030	-0.692	0.491
Größe	0.097	0.034	0.674	0.502
Gewicht	0.055	0.015	0.522	0.603
Geschlecht		0.624	0.248	0.805

Anmerkung. Signifikante Ergebnisse sind zur besseren Darstellung fett markiert. Die Reihenfolge entspricht aufsteigend der Höhe des p-Werts. Angabe der Parameter mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten β , SEM (standard error of the mean - Standardfehler), t-Wert und p-Wert (Signifikanzniveau). MPI – Multidimensional Prognostic Index; SPPB – Short Physical Performance Battery.

Anhang 2.4:

Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse mit der maximalen Handgreifkraft als abhängige Variable

Parameter	β	SEM	t	p
Alter	-0.396	0.085	-5.861	< 0.001
Geschlecht		1.686	-7.784	< 0.001
MPI	-0.155	3.884	-2.371	0.020
Gewicht	0.030	0.043	0.454	0.651
Größe	-0.037	0.096	-0.428	0.670

Anmerkung. Signifikante Ergebnisse sind zur besseren Darstellung fett markiert. Die Reihenfolge entspricht aufsteigend der Höhe des p-Werts. Angabe der Parameter mit dem standardisierten Regressionskoeffizienten β , SEM (standard error of the mean - Standardfehler), t-Wert und p-Wert (Signifikanzniveau). MPI – Multidimensional Prognostic Index.

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt allen, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ich bedanke mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Walter Maetzler für die stets wertschätzende Unterstützung und Kommunikation auf Augenhöhe. Die aufrichtige Leidenschaft für die klinische Forschung sowie der menschliche und offene Umgang mit Kolleg*innen und Patient*innen werden mir immer positiv und vorbildlich in Erinnerung bleiben.

Meinen Betreuer*innen, Julius Welzel und Hanna Geritz, danke ich für den konstruktiven und freundschaftlichen Austausch, das regelmäßige Korrekturlesen und die schnelle Unterstützung bei Problemen und Unklarheiten jeder Art. Ich wünsche Euch auf Eurem weiteren Weg alles Gute.

Ich danke auch der ganzen Arbeitsgruppe für Neurogeriatrie des UKSH Kiel, meinen Mitdoktorand*innen sowie allen Mitarbeiter*innen der Station C.320 für Neurogeriatrie und internistische Altersmedizin für die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Anfertigung dieser Arbeit. Insbesondere danke ich Kirstin (Crispy) Hansen für die immer freundliche und zuverlässige Hilfestellung bei organisatorischen Fragen.

Des Weiteren gilt mein Dank der Deutschen Gesellschaft für Geriatrie e.V. und dem Kieler Ärzteverein e.V. für die finanzielle Unterstützung in Form von Reisestipendien.

Ein großer, persönlicher Dank gilt meiner Familie und allen Freunden, die mir moralisch, emotional und auch fachlich stets zur Seite standen. Insbesondere danke ich meinen Eltern Christel Collet-Birkenbach und Otmar Birkenbach für den liebevollen, bedingungslosen Rückhalt und die Ermöglichung dieser Arbeit sowie meiner Schwester Dr. Julia Birkenbach.

Zuletzt danke ich meinem Mann Levin Lützelshwab für unseren gemeinsamen Weg und so viel mehr. Danke, dass Ihr mich in meinem Leben begleitet.