



MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Der Zusammenhang von Schlafqualität mit dem Body-Mass-Index (BMI) und der Muskelfunktion bei älteren Erwachsenen.

Der Body-Mass-Index als Moderator des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und objektiver bzw. subjektiver Muskelfunktion.

verfasst von | submitted by

Oliver Stöckl Bakk.rer.nat.

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

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt |
Degree programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree pro-
gramme as it appears on the student record
sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Robert Csapo

Danksagung

Mein aufrichtiger Dank geht zunächst an das Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften der Universität Wien, die diese Masterarbeit ermöglichte und mit ihrer Studie einen Beitrag zu einem nach meiner Meinung wichtigen Thema in der Schlafforschung leisten konnte. Besonderer Dank geht dabei an meinen Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Robert Csapo, als Leiter der Abteilung Trainingswissenschaft. Herzlichst bedanken möchte ich mich auch bei Michelle Slunecko, BSc, MSc, die mich vor allem im Anfangsprozess auf den passenden Weg geführt und mich auch während der Ausarbeitung ausgezeichnet unterstützt hat.

Außerdem möchte ich meiner Freundin danken, die mich letztendlich dazu ermutigt hat, diese Arbeit zu verfassen und somit das Studium zu Ende zu bringen und mich in jeglicher Hinsicht dabei unterstützt hat.

Abschließend ein Dankeschön an alle Teilnehmenden dieser Studie, ohne die keine Forschung zu diesem Thema möglich gewesen wäre.

Zusammenfassung

Einleitung: Schlafqualität und Muskelfunktion sind im höheren Lebensalter eng mit Gesundheit, Selbstständigkeit und Lebensqualität verbunden. Ziel dieser Arbeit war es, den Zusammenhang zwischen subjektiver Schlafqualität und objektiver beziehungsweise subjektiver Muskelfunktion bei älteren Erwachsenen zu untersuchen und zu prüfen, ob der Body-Mass-Index (BMI) diesen Zusammenhang moderiert.

Methodik: Grundlage war eine querschnittliche Online-Befragungsstudie der Universität Wien mit 203 älteren Erwachsenen ab 65 Jahren ($M = 74,0$ Jahre; $SD = 8,3$). Die Schlafqualität wurde mittels Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), die objektive Muskelfunktion mittels 30-Sekunden-Chair-Stand-Test und die subjektive Muskelfunktion mittels SARC-F-Score erfasst. Zur Hypothesenprüfung wurden hierarchische multiple lineare Regressionsanalysen berechnet, Alter und Geschlecht wurden als Kovariaten berücksichtigt.

Resultate: Eine schlechtere Schlafqualität war mit einer geringeren objektiven Muskelfunktion ($\beta = -.24, p < .001$) sowie mit stärkeren subjektiv berichteten funktionellen Einschränkungen ($\beta = .23, p < .001$) assoziiert. Alter erwies sich in beiden adjustierten Modellen als signifikanter Prädiktor (objektiv: $\beta = -.49, p < .001$; subjektiv: $\beta = .67, p < .001$). Für Geschlecht und BMI zeigten sich keine signifikanten Haupteffekte. Ein Moderationseffekt des BMI konnte nicht bestätigt werden.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse sprechen dafür, dass eine schlechtere Schlafqualität mit ungünstigerer objektiver und subjektiver Muskelfunktion im höheren Lebensalter zusammenhängt. Der BMI zeigte in der vorliegenden Stichprobe keinen moderierenden Einfluss.

Abstract

Introduction: Sleep quality and muscle function are closely linked to health, independence, and quality of life in older age. The aim of the present thesis was to examine the association between subjective sleep quality and both objective and subjective muscle function in older adults, and to test whether body mass index (BMI) moderates this relationship.

Methods: The analyses were based on a cross-sectional online survey conducted by the University of Vienna, including 203 adults aged 65 years and older. Mean age was 74.0 years ($SD = 8.3$), and 47.5% of participants with valid sex data were female. Sleep quality was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), objective muscle function using the 30-second Chair-Stand Test, and subjective muscle function using the SARC-F score. Hierarchical multiple linear regression analyses were conducted, adjusting for age and sex.

Results: Poorer sleep quality was associated with lower objective muscle function ($\beta = -.24$, $p < .001$) and with greater subjectively reported functional limitations ($\beta = .23$, $p < .001$). Age was a significant predictor in both adjusted models (objective muscle function: $\beta = -.49$, $p < .001$; subjective muscle function: $\beta = .67$, $p < .001$). No significant main effects were found for sex or BMI. The moderating effect of BMI was not confirmed in the adjusted models.

Conclusion: The findings suggest that poorer sleep quality is associated with less favorable objective and subjective muscle function in older age. In the present sample, BMI did not moderate these associations.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Schlaf als physiologischer Prozess und Schlafregulation	8
1.1.1	Schlafqualität: Definition, Dimensionen und Erfassung	9
1.1.2	Schlafqualität im höheren Lebensalter	10
1.2	Definition und Bedeutung der Muskelfunktion	11
1.2.1	Altersassoziierte Veränderungen der Muskelfunktion	11
1.2.2	Objektive und subjektive Erfassung der Muskelfunktion	13
1.2.3	Aktueller Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion	14
1.3	Definition und Einordnung des BMI	16
1.3.1	Limitationen des BMI im Alter und Körperzusammensetzung	17
1.3.2	Sarkopenische Adipositas und funktionelle Folgen	18
1.3.3	BMI als möglicher Kontextfaktor: Risiken bei niedrigem und hohem Body-Mass-Index	19
1.4	BMI als potenzieller Moderator des Zusammenhangs von Schlafqualität und Muskelfunktion	21
1.4.1	Konzeptuelle Einordnung: Moderation und Mechanismen	21
1.4.2	Hoher BMI: Inflammation als potenzieller Verstärkungsmechanismus 22	
1.4.3	Hoher BMI: Insulinresistenz und metabolische Dysregulation	22
1.4.4	Hoher BMI: Aktivitätsverhalten und schlafbezogene Störungen	24
1.4.5	Niedriger BMI als Vulnerabilitätsfaktor	25
1.5	Alter und Geschlecht als Kovariaten	26
1.5.1	Alter	26
1.5.2	Geschlecht als Kontextfaktor	27
1.6	Zielsetzung und Hypothesen der empirischen Untersuchung	29
1.6.1	Hypothesen	30
2	Methodik	30
2.1	Studiendesign und Stichprobe	30
2.1.1	Teilnehmende, Rekrutierung und Ausschlusskriterien	31
2.2	Erhebungsinstrumente	31

2.2.1	Schlafqualität.....	31
2.2.2	Körpergewicht und Körpergröße.....	32
2.2.3	Muskelfunktion (primärer Outcome)	32
2.2.4	Risiko für Sarkopenie (sekundärer Outcome)	32
2.2.5	Soziodemografische Variablen	33
2.3	Datenerhebung und -management	33
2.3.1	Datenbereinigung	33
2.3.2	Datenaufbereitung	33
2.4	Statistische Analyse	34
2.4.1	Software	34
2.4.2	Analyseplan	34
2.4.3	Deskriptive Auswertung	34
2.4.4	Korrelationsanalyse	34
2.4.5	Regressionsanalysen	34
3	Ergebnisse	36
3.1	Stichprobe	36
3.1.1	Soziodemografische Merkmale.....	37
3.1.2	Deskriptive Statistik der Hauptvariablen.....	40
3.2	Korrelationsanalysen	42
3.3	Lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion 44	
3.3.1	Zusatzanalyse: Unadjustierte Moderationsanalyse zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion	45
3.4	Lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des SARC-F-Scores.....	47
3.4.1	Zusatzanalyse: Unadjustierte Moderationsanalyse zur Vorhersage des SARC-F-Scores	48
3.5	Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse	49
4	Diskussion.....	50
4.1	Schlafqualität und objektive Muskelfunktion (H1a)	50
4.1.1	Interpretation des Befundes und Einordnung der Effektstärke	50
4.1.2	Einordnung im Kontext der bisherigen Literatur	51
4.1.3	Mögliche Erklärungsansätze für den Zusammenhang	52

4.2	Schlafqualität und subjektive Muskelfunktion (H1b).....	53
4.2.1	Interpretation des Befundes und Einordnung der Effektstärke	53
4.2.2	Einordnung im Kontext der bisherigen Literatur	53
4.2.3	Mögliche Erklärungsansätze für den Zusammenhang	54
4.3	Body-Mass-Index als Moderator des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion (H2)	55
4.3.1	Einordnung der Befundlage	55
4.3.2	Theoretische Einordnung der Moderationsannahme	55
4.3.3	Mögliche Erklärung: Rolle von Alter und gemeinsamer Varianz	56
4.3.4	BMI als grober Indikator der Körperzusammensetzung	56
4.3.5	Stichprobencharakteristika und Verteilung des BMI.....	57
4.3.6	Unterschied zwischen objektivem und subjektivem Outcome.....	58
4.4	Rolle von Alter und Geschlecht als Kontextfaktoren (H3)	58
4.4.1	Alter als zentraler Prädiktor der Muskelfunktion	58
4.4.2	Geschlecht als theoretisch relevanter, empirisch jedoch nicht signifikanter Faktor	59
4.5	Stärken der vorliegenden Arbeit	60
4.6	Limitationen des Studiendesigns und methodische Aspekte der Erhebung	61
4.6.1	BMI als begrenzter Indikator	62
4.7	Implikationen und Ausblick	62
5	Schlussfolgerung	64

1 Einleitung

„Weder auf natürlichem Wege noch durch Medikamente lässt sich ein Zustand erreichen, in dem Körper und Geist in jeder Hinsicht so effektiv in Ordnung gebracht werden wie im gesunden Schlaf“ (Walker, 2018, S. 19).

Schlaf ist damit nicht nur Erholung, sondern eine der grundlegendsten Bedingungen für alltägliche Leistungsfähigkeit, Regeneration und viele weitere Prozesse gesundheitlicher Stabilität. Gerade im höheren Lebensalter drängt sich die Frage auf, welche Folgen eine eingeschränkte Schlafqualität für körperliche Prozesse und die funktionelle Gesundheit haben kann. Mit steigendem Alter verändern sich Architektur und Regulation des Schlafes häufig hin zu einer stärkeren Fragmentierung und reduzierter Schlaffeffizienz, wodurch Schlaf subjektiv als weniger erholsam erlebt werden kann (Carskadon & Dement, 2005; Li et al., 2022; Stone & Xiao, 2018; Wiater, 2016). Zugleich gewinnt die Erhaltung der körperlichen Funktionsfähigkeit an Bedeutung, da eine eingeschränkte Muskelfunktion mit Mobilitätsverlust, erhöhtem Sturzrisiko und/oder dem Rückgang oder gar dem Verlust der Selbstständigkeit verbunden sind, was für die betroffenen Personen einen tiefen Einschnitt in die Lebensqualität bedeuten kann (Buch et al., 2016; Cruz-Jentoft et al., 2019; Mijnders et al., 2018). Aus dieser Perspektive drängt in der aktuellen Forschung zunehmend die Frage in den Fokus, inwiefern Schlafqualität mit muskelfunktionellen Parametern zusammenhängt und ob bestimmte Personengruppen ein erhöhtes Risiko für funktionelle Beeinträchtigungen aufweisen (Denison et al., 2021; Li et al., 2022; Stone & Xiao, 2018).

Die Veränderung der Körperzusammensetzung ist ein weiterer zentraler Aspekt im höheren Lebensalter. Dabei kommt es häufig zu einer Zunahme des Fettanteils bei gleichzeitiger Abnahme von Muskelmasse und Muskelqualität, wobei solche Veränderungen nicht zwangsläufig durch den Body-Mass-Index (BMI) abgebildet werden (Buch et al., 2016; Kim et al., 2023). Wegen seiner einfachen, unkomplizierten und standardisierten Möglichkeit zur Erhebung in epidemiologischen Studien findet der BMI trotzdem häufig Anwendung, wobei seine Interpretation in Bezug auf funktionelle Outcomes im Alter nicht eindeutig ist. (Garfield, 2019; Stone & Xiao, 2018). Im Besonderen weisen Befunde darauf hin, dass sowohl niedrige als auch hohe BMI-Werte mit ungünstigen gesundheitlichen und funktionellen Konsequenzen assoziiert sein können (Curtis et al., 2023; Prokopenko & Doryssiotis, 2021; Stenholm et al., 2008). Diese Befundlage legt nahe, den BMI im Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion nicht ausschließlich als Kovariate zu betrachten, sondern als möglichen Einflussfaktor, der die Zusammenhänge zwischen beiden Variablen mitprägen könnte.

Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand ergibt sich daraus die zu bearbeitende Fragestellung: In welchem Ausmaß steht die Schlafqualität in Zusammenhang mit objektiver und subjektiver Muskelfunktion bei älteren Erwachsenen, und unterscheidet sich dieser Zusammenhang möglicherweise in Abhängigkeit vom BMI? Die vorliegende Masterarbeit greift diese Fragestellung im Rahmen einer empirischen Auswertung auf, in der Schlafqualität, BMI und muskelfunktionelle Parameter bei älteren Erwachsenen (65+) erfasst wurden.

Aufbau der vorliegenden Arbeit

Kapitel 1.1 bis 1.5 liefern den theoretischen Hintergrund und umfassen die Themenbereiche um Schlafqualität im höheren Lebensalter, muskelfunktionellen Veränderungen sowie den Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen Schlaf und Muskelfunktion. Weiters werden Körperzusammensetzung und BMI im höheren Lebensalter dargestellt und mögliche Mechanismen beschrieben, über die der BMI den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion beeinflussen könnte. Kapitel 1.6 beleuchtet die Forschungslücken und formuliert die daraus abgeleiteten Hypothesen.

Kapitel 2 beschreibt die Methodik der empirischen Untersuchung, einschließlich Stichprobe, Erhebungsinstrumenten, Datenaufbereitung sowie statistischem Analyseplan, in Kapitel 3 werden die Ergebnisse der deskriptiven, korrelativen und regressionsbasierten Analysen dargestellt. Kapitel 4 diskutiert die Befunde im Kontext des theoretischen Hintergrunds, ordnet sie in die bestehende Literatur ein und reflektiert Stärken und Limitationen der Arbeit. Ein abschließender Abschnitt fasst die zentralen Erkenntnisse und Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschung.

1.1 Schlaf als physiologischer Prozess und Schlafregulation

Schlaf ist kein passiver Zustand, sondern er stellt einen aktiv regulierten und reversiblen Zustand des Körpers dar. Er ist gekennzeichnet durch eine verminderte Bewusstseinslage, eine schwächere Reaktionsfähigkeit auf äußere Reize sowie spezifische neurophysiologische Muster im zentralen Nervensystem (Carskadon & Dement, 2005). Schlaf wird von zirkadianen und homöostatischen Mechanismen beeinflusst und gliedert sich in verschiedene Schlafphasen, die einander wiederholt abwechseln. Die Struktur des Schlafs umfasst aus physiologischer Perspektive den zyklischen Wechsel zwischen NREM- (Non-rapid-eye-movement) und REM (Rapid-eye-movement) Schlafphasen und bildet die Grundlage für viele regenerative Prozesse, wie körperliche Erholung, neuronale Regeneration, Stoffwechselregulation und die Festigung von Gedächtnisinhalten. Die NREM-Phasen, insbesondere der Tiefschlaf, werden vor allem mit körperlicher Erholung und homöostatischen Vorgängen in Verbindung gebracht. Im Gegensatz dazu sind die REM-Phasen unter anderem mit der Verarbeitung von Emotionen und der Festigung von Erinnerungen assoziiert (Carskadon &

Dement, 2005; Wiater, 2016). Der suprachiasmatische Kern im Hypothalamus, der auch als „innere Uhr“ bezeichnet wird, reguliert und koordiniert den zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmus unter Mithilfe äußerer Faktoren wie dem Wechsel von Licht und Dunkelheit. Zu den Aspekten der Schlafhomöostase gehören der zunehmende Drang nach Schlaf, welcher, während der Wachphasen aufgebaut und durch neurochemische Prozesse vermittelt wird, wobei Adenosin eine bedeutende Rolle spielt. Wenn diese Mechanismen gestört werden oder aus dem Gleichgewicht geraten, können Schwierigkeiten beim Ein- und Durchschlafen auftreten, was die Qualität des Schlafs beeinträchtigen und in weiterer Folge zu erhöhter Tagesmüdigkeit und funktionellen Einschränkungen führen kann (Wiater, 2016).

1.1.1 Schlafqualität: Definition, Dimensionen und Erfassung

Die Schlafqualität ist in der Schlafforschung ein zentrales Anliegen, das ein vielschichtiges Konzept darstellt und nicht allein durch die Schlafdauer gekennzeichnet ist. Wie gut der Schlaf der physischen Erholung dient und welchen Einfluss er auf psychische, kognitive und emotionale Prozesse hat, ist entscheidend für die Schlafqualität. Diese wird daher als ein mehrdimensionales Konzept betrachtet, das sowohl subjektive Wahrnehmungen als auch funktionale und physiologische Aspekte einbezieht (Buysse et al., 1989; Stone & Xiao, 2018). Somit lässt sich die Schlafqualität nicht nur anhand quantitativer Merkmale wie der Schlafdauer beurteilen, sondern erfordert eine differenzierte Analyse verschiedener Aspekte, die den Nachtschlafverlauf ebenso wie das Befinden während des Tages betrachten.

Zur Erfassung der Schlafqualität werden in der Schlafforschung häufig standardisierte Fragebögen basierend auf subjektiven Selbstauskünften verwendet, die verschiedene nächtliche Schlafmerkmale und Tagesbeeinträchtigungen berücksichtigen. Damit wird verdeutlicht, dass Schlafqualität als mehrdimensionales Konstrukt zu verstehen ist, das sich nicht allein auf einzelne quantitative Größen wie die Schlafdauer reduzieren lässt (Buysse et al., 1989).

Neben subjektiven Einschätzungen können auch objektive Faktoren zur Beschreibung der Schlafqualität herangezogen werden. Dazu gehören vor allem Merkmale der Schlafarchitektur, die Kontinuität des Schlafes und nächtliche Wachzeiten, die beispielsweise durch Aktigraphie oder Polysomnographie erfasst werden können. Aktigraphische Verfahren ermöglichen eine alltagsnahe Erfassung von Schlaf-Wach-Mustern über mehrere Tage hinweg, polysomnographische Messungen dagegen erlauben eine differenzierte Beurteilung der Schlafarchitektur (Smith et al., 2018; Abe et al., 2023). Es gibt jedoch nur eine moderate Korrelation zwischen subjektiven und objektiven Schlafparametern. Diese Differenz verdeutlicht, dass die subjektiv empfundene Schlafqualität eine eigene Dimension darstellt, die für klinische und funktionelle Fragestellungen relevant ist und nicht völlig durch objektive

Messungen erfasst werden kann (Stone & Xiao, 2018). Daher ist eine multidimensionale Betrachtung in der gesundheitswissenschaftlichen und gerontologischen Forschung bedeutsam, da einzelne Aspekte der Schlafqualität in unterschiedlichem Ausmaß mit gesundheitlichen Ergebnissen in Zusammenhang gebracht werden können (Stone & Xiao, 2018; Li et al., 2022).

1.1.2 Schlafqualität im höheren Lebensalter

Der Schlaf unterliegt mit zunehmendem Alter systematischen Veränderungen, die sowohl die Schlafarchitektur als auch die subjektive Wahrnehmung der Schlafqualität betreffen können. Diese altersbedingten Veränderungen resultieren aus biologischen, neurophysiologischen und psychosozialen Prozessen und stellen keinen pathologischen Zustand per se dar. Dennoch werden in der Literatur häufig derartige Verminderungen der Schlafqualität im Alter berichtet, was potenziell negative Auswirkungen auf die Gesundheit, die Funktionalität und das Wohlbefinden älterer Menschen haben kann (Li et al., 2022; Stone & Xiao, 2018). Nach Carskadon & Dement (2005) ist mit steigendem Lebensalter eine Reduktion des Anteils an Tiefschlaf zu beobachten, während bei gesunden Personen über die Lebensspanne hinweg der Anteil an REM-Schlafphasen relativ stabil bleibt. Die Schlafphasen bei älteren Erwachsenen sind zudem durch eine stärkere Fragmentierung gekennzeichnet – es kommt zu mehr nächtlichen Wachphasen, einer geringeren Schlaffeffizienz und daraus folgenden Beeinträchtigungen der subjektiv empfundenen Schlafqualität (Carskadon & Dement, 2005). Zudem können sich zirkadiane Rhythmen ändern, etwa durch eine verringerte Amplitude des Schlafrhythmus und häufige Verschiebungen in Bezug auf die Schlaf- und Aufwachzeiten, wodurch die Stabilität des Schlaf-Wach-Zyklus gestört werden kann (Wiater, 2016). Neben diesen physiologischen Veränderungen spielen im Alter auch gesundheitliche Faktoren eine bedeutende Rolle. Schlafunterbrechungen und -fragmentierungen können durch chronische Krankheiten, Schmerzen, nächtlichen Harndrang oder die Einnahme diverser Medikamente verursacht werden. Darüber hinaus nimmt die Häufigkeit spezifischer Schlafstörungen wie Insomnie oder schlafbezogener Atmungsprobleme mit dem Alter zu, was wiederum zu einer deutlichen Verschlechterung der Schlafqualität führt (Li et al., 2022). Psychische Faktoren wie Anzeichen von Depressionen, Angstzuständen oder psychosozialen Belastungen, stehen ebenfalls im Zusammenhang mit Problemen beim Ein- und Durchschlafen und können die subjektive Bewertung des Schlafes beeinflussen (Irwin et al., 2016). Darüber hinaus haben verhaltensorientierte Aspekte wie unregelmäßige Schlafgewohnheiten, die Gestaltung der Schlafumgebung oder der Konsum von stimulierenden Substanzen, Einfluss auf die Schlafqualität, während regelmäßige körperliche Betätigung, soziale Aktivitäten, ein richtiges Lichtmanagement und kognitives Training bei älteren Personen als schlaffördernd angesehen werden (Stone & Xiao, 2018; Wiater, 2016).

Empirische Studien zeigen, dass eine mangelhafte Schlafqualität im Alter mit verschiedenen negativen gesundheitlichen Folgen verbunden ist. Dazu gehören Einbußen in der kognitiven und physischen Leistungsfähigkeit, erhöhte Müdigkeit während des Tages sowie ein gesteigertes Risiko für kardiometabolische Erkrankungen (Stone & Xiao, 2018). Vor diesem Hintergrund erscheint eine differenzierte Betrachtung altersbezogener Besonderheiten und Veränderungen essenziell, um Schlafqualität bei älteren Erwachsenen präzise erfassen und ihre Bedeutung als relevanten Gesundheitsindikator im Alter untersuchen zu können.

1.2 Definition und Bedeutung der Muskelfunktion

Die Muskelfunktion ist ein entscheidender Aspekt der physischen Leistungsfähigkeit und beschreibt die Fähigkeit der Skelettmuskeln, Kraft zu produzieren, Bewegungen durchzuführen und die Körperhaltung zu stabilisieren. Sie wird durch strukturelle und neuromuskuläre Voraussetzungen beeinflusst, dazu zählen Muskelmasse, Muskelqualität, Muskelarchitektur sowie die neuromuskuläre Ansteuerung. In der Forschung spiegelt sich Muskelfunktion in den Messgrößen der Muskelkraft, Leistungsfähigkeit und funktionellen Ausdauer wider. Daher kann diese nicht lediglich nach Muskelgröße beziehungsweise Muskelquerschnitt definiert werden, sondern ist das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels aus muskulären, neuronalen und metabolischen Vorgängen (Cruz-Jentoft et al., 2019). Besonders in der Gesundheits- und Altersforschung ist die Muskelfunktion besonders bedeutsam, da sie eng mit Beweglichkeit, Selbstständigkeit und Lebensqualität verknüpft ist. Eine gut ausgeprägte Muskelfunktion erleichtert das Ausführen täglicher Aufgaben wie Gehen, Aufstehen oder Treppensteigen und ist somit eine wesentliche Voraussetzung für funktionelle Unabhängigkeit im Alter. Einschränkungen der Muskelfunktion hingegen erhöhen das Risiko für Stürze, funktionelle Einschränkungen, Hospitalisierungen und Mortalität (Mijnar-ends et al., 2018). Neben ihrer mechanischen Funktion spielt die Skelettmuskulatur auch eine wesentliche Rolle im Energiestoffwechsel. Sie unterstützt die Aufnahme von Glukose und die Regulation des Grundumsatzes und wirkt als endokrines Organ durch die Freisetzung von Myokinen, die zu systemische Effekten auf andere Organsysteme beitragen. Somit kann die Muskelfunktion als integrativer Indikator für körperliche Gesundheit betrachtet werden, der im Zusammenhang mit dem Altern eine Schlüsselrolle für Autonomie und Lebensqualität spielt (Buch et al., 2016; Donini et al., 2022).

1.2.1 Altersassoziierte Veränderungen der Muskelfunktion

Mit dem Fortschreiten des Lebensalters unterliegt die Muskelfunktion typischen progressiven Veränderungen, die sowohl Quantität als auch Qualität der Muskulatur betreffen können. Ein zentraler Begriff in diesem Kontext ist Sarkopenie, die als fortschreitender und generalisierter Verlust von Muskelkraft verstanden wird und mit bedeutsamen klinischen

Folgen wie einer erhöhten Häufigkeit von Stürzen sowie funktionellen Einschränkungen verknüpft sein kann (Cruz-Jentoft et al., 2019). In der älteren Bevölkerung wird Sarkopenie als entscheidender Risikofaktor für körperliche Einschränkungen, Gebrechlichkeit und Pflegebedürftigkeit betrachtet. Der altersbedingte Abbau der Muskulatur und seiner Funktion äußert sich nach der European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2) stärker in der Muskelkraft als in der Muskelmasse (Spexoto et al., 2022). Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass neben dem Verlust der Muskelmasse auch qualitative Veränderungen der Muskulatur und der neuromuskulären Kontrolle mitbestimmend sind (Cruz-Jentoft et al., 2019). Zu den erwähnten qualitativen Veränderungen gehören eine verringerte Muskelqualität, eine veränderte Zusammensetzung der Muskelfasern sowie eine eingeschränkte neuromuskuläre Aktivierung. Besonders häufig betroffen von der altersbedingten Muskelatrophie sind Typ-II-Fasern, die für schnelle und kräftige Kontraktionen von Bedeutung sind. Der Rückgang der schnell zuckenden Muskelfasern sowie eine geringere Aktivierung motorischer Einheiten tragen zur Verschlechterung der funktionellen Leistungsfähigkeit bei. Neben diesen strukturellen Veränderungen spielen auch neurogene Prozesse eine wesentliche Rolle, insbesondere der altersbedingte Verlust von innervierenden Motoneuronen sowie die damit verbundene Denervierung der Muskelfasern (Morley, 2016). Zudem werden in der Literatur in Zusammenhang mit Sarkopenie auch zelluläre Veränderungen beschrieben, wie etwa der Verlust von muskulären Stammzellen – den sogenannten Satellitenzellen. Diesbezüglich konnten Verdijk et al. (2014) zeigen, dass insbesondere Typ-II-Muskelfasern im höheren Alter einen reduzierten Satellitenzellgehalt aufweisen. Zusätzlich beschrieben Brack et al. (2007), dass altersbedingte Veränderungen die Differenzierung von Satellitenzellen von einer myogenen hin zu einer fibrogenen Zelllinie verschieben können, wodurch fibrotische Umbauprozesse begünstigt werden.

Der altersbedingte Rückgang der Muskelfunktion wird als ein vielschichtiger Prozess betrachtet. Zu den häufig thematisierten Einflussfaktoren gehören (a) neurogene Mechanismen, wie Veränderungen der Motoneuronen und motorischen Einheiten, (b) hormonelle Umstellungen, die mit einer Abnahme anaboler Einflüsse und einer Zunahme kataboler Prozesse einhergehen, (c) chronische, niedriggradige Entzündungen, die mit dem Abbau von Muskelproteinen und einer geschwächten Regeneration verbunden sind, (d) Ernährungsfaktoren, insbesondere mangelhafte Proteinaufnahme oder Mangelernährung im Allgemeinen, sowie (e) körperliche Inaktivität und Immobilisation, welche mit reduzierten Trainingsreizen einhergehen und funktionelle Abbauprozesse verstärken können (Mijnarends et al., 2018; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021; Larsson et al., 2019). Schätzungen zur Prävalenz zeigen, dass Sarkopenie häufig im fortgeschrittenen Alter auftritt und je nach Definition, Erhebungsmethode und Bevölkerungsgruppe variieren kann. Aus klinischer Perspektive

wird Sarkopenie mit relevanten Folgeerscheinungen in Verbindung gebracht, dazu zählen Einschränkungen der Mobilität, ein erhöhtes Sturz- und Frakturrisiko sowie ein höheres Risiko für Morbidität und Mortalität (Cruz-Jentoft et al., 2019). Themen der veränderten Körperzusammensetzung im Alter sowie der Begriff der sarkopenischen Adipositas werden im Kontext mit BMI und Körperzusammensetzung in den Kapiteln 4.1 und 4.2 ausführlicher behandelt und daher an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

1.2.2 Objektive und subjektive Erfassung der Muskelfunktion

Die Muskelfunktion kann in der Forschung sowohl über objektive funktionelle Tests als auch über subjektive Selbstauskünfte erfasst werden. Beide Ansätze bilden unterschiedliche Bereiche funktioneller Gesundheit ab und werden vor allem im höheren Lebensalter eingesetzt, da sie sich bezüglich Aussagekraft, Praktikabilität und klinischer Anwendbarkeit ergänzen. Im Kontext der Diagnostik von Sarkopenie werden dabei unterschiedliche Messansätze empfohlen, die Kraft- und/oder Funktionsaspekte berücksichtigen (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Objektive Verfahren basieren auf standardisierten Leistungstests, die beobachtbare physische Fähigkeiten unter definierten Bedingungen erfassen. In der Literatur finden sich dafür verschiedene etablierte Verfahren, etwa die Messung der Handkraft als Maß der Muskelkraft, die Ganggeschwindigkeit als Indikator funktioneller Leistungsfähigkeit oder Testbatterien wie die Short Physical Performance Battery (SPPB), die mehrere Bereiche körperlicher Funktion kombinieren (Cruz-Jentoft et al., 2019). Zur Abbildung alltagsrelevanter Bewegungsabläufe werden häufig die unterschiedlichen Varianten des Chair Stand Test (oft auch als Chair Rise Test bezeichnet) herangezogen. Diese erlauben die Einschätzung von Kraft- und Funktionsfähigkeit, indem eine für ältere Erwachsene äußerst bedeutsame Bewegung (wiederholtes Aufstehen aus dem Sitzen) unter standardisierten Bedingungen erfasst wird und funktionell relevante Einschränkungen unmittelbar abgebildet werden (Rikli & Jones, 1999). Der 30-Sekunden-Chair-Stand-Test gilt bei älteren Personen als praktikables Verfahren zur Erfassung der funktionellen Leistungsfähigkeit der unteren Extremität und lässt sich zudem mit geringem Aufwand durchführen (Jones et al., 1999).

Subjektive Verfahren erfassen dagegen die selbstberichtete funktionelle Einschränkung und beziehen damit die individuelle Wahrnehmung physischer Leistungsfähigkeit in den Alltag ein. Diese sind insbesondere in größeren Studien und in der klinischen Praxis relevant, da sie einfach zugänglich und risikoarm sind und die alltagsbezogene Betroffenheit abbilden können. Nach Benz et al. (2023) besteht zwischen objektiven und subjektiven Maßen nicht zwangsläufig eine hohe Übereinstimmung. Bilden objektive Tests vorwiegend die aktuelle physische Leistungsfähigkeit unter standardisierten Bedingungen ab, können

subjektive Selbstbeurteilungen zusätzlich durch individuelle Vergleichsmaßstäbe, Gesundheitswahrnehmung, Schmerz, Komorbiditäten oder psychische Belastung beeinflusst sein. Diese Hinweise legen nahe, dass die kombinierte Betrachtung objektiver funktioneller Leistungsfähigkeit und subjektiv berichteter funktioneller Einschränkungen eine weitreichendere Beschreibung funktioneller Gesundheit ermöglicht, da einerseits die leistungsbezogene Kapazität und andererseits wahrgenommene Einschränkungen berücksichtigt werden können (Benz et al., 2023).

Die Unterscheidung zwischen objektiven und subjektiven Erfassungsmöglichkeiten legt außerdem eine differenzierte Betrachtung der Zusammenhänge mit Schlafqualität nahe – im folgenden Kapitel wird daher der aktuelle Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion dargestellt.

1.2.3 Aktueller Forschungsstand zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion

In den letzten Jahren hat die Wissenschaft verstärkt den Zusammenhang zwischen Schlafparametern und der Muskelfunktion, insbesondere im höheren Alter, untersucht. Während Schlaf lange Zeit vorwiegend auf Zusammenhänge von kognitiven und psychischen Gesundheitsaspekten untersucht wurde, zeigen neuere Befunde, dass sowohl die Schlafdauer als auch die Schlafqualität einen Einfluss auf die Muskelmasse und die funktionelle Leistungsfähigkeit haben (Stone & Xiao, 2018; Li et al., 2022). Empirische Studien deuten darauf hin, dass eine schlechte Schlafqualität mit einer verringerten Muskelfunktion in Verbindung steht. Insbesondere stehen dabei schlechte subjektive Schlafqualität, lange Einschlafzeiten und fragmentierter Schlaf in Zusammenhang mit reduzierter Muskelkraft und Einschränkungen in der physischen Leistungsfähigkeit. Diese Zusammenhänge wurden sowohl in Studien mit breiten Bevölkerungsgruppen als auch in klinischen Studien festgestellt und scheinen besonders im höheren Lebensalter besonders ausgeprägt zu sein (Li et al., 2022; Denison et al., 2021).

Neben der Schlafqualität wird auch die Schlafdauer als wesentlicher Einflussfaktor thematisiert. Sowohl kurze als auch übermäßig lange Schlafdauern sind mit negativen muskulären Ergebnissen assoziiert. Metaanalysen zeigen, dass Personen, die entweder sehr kurz oder sehr lange schlafen, im Vergleich zu jenen mit moderater Schlafdauer ein höheres Risiko für Sarkopenie haben. Außerdem wurde festgestellt, dass eine schlechte Schlafqualität den Zusammenhang zwischen Schlafdauer und Muskelfunktion verstärken kann (Li et al., 2022; Rubio-Arias et al., 2019). Um diese Zusammenhänge zu erklären, werden sowohl direkte physiologische als auch indirekte verhaltensbezogene Mechanismen in Betracht gezogen. Schlafmangel und schlechte Schlafqualität sind dabei mit Veränderungen im

hormonellen Milieu assoziiert, darunter einer Erhöhung kataboler Hormone wie zum Beispiel Cortisol und einer Verringerung anaboler Hormone wie Testosteron, was den Muskelproteinstoffwechsel und die Regeneration negativ beeinflussen kann (Prokopidis & Dionysiotis, 2021).

Zudem wird diskutiert, dass Schlafstörungen mit einer erhöhten inflammatorischen Aktivität einhergehen. Chronisch hohe Entzündungsmarker können die Muskelproteinsynthese und den Abbau beeinflussen, was langfristig zu einem Verlust von Muskelmasse und Muskelkraft führen kann (Mullington et al., 2009). Wie bereits in Kapitel 1.1.2 angesprochen, kann Schlaf auch indirekt über das Aktivitätsverhalten einen Einfluss auf die Muskelfunktion nehmen. Personen mit schlechter Schlafqualität berichten häufiger über Tagesmüdigkeit und reduzierte Leistungsfähigkeit. Diese können mit einer geringeren körperlichen Aktivität einhergehen, was den muskulären Abbau zusätzlich begünstigt (Stone & Xiao, 2018). Zusammenfassend zeigen bisherige Befunde, dass Schlafqualität und Schlafdauer mit der Muskelfunktion assoziiert sind. Die vorhandenen Belege sind jedoch überwiegend querschnittlich, insofern sind kausale Schlussfolgerungen nur begrenzt möglich. Dies hebt die Notwendigkeit weiterer empirischer Studien mit longitudinalen Ansätzen und genaueren Erhebungen von Schlafqualität und Muskelfunktion hervor (Denison et al., 2021).

1.2.3.1 Bidirektionale Zusammenhänge

Neben der Analyse der Auswirkungen von Schlaf auf die Muskelfunktion wird zunehmend die Vorstellung von bidirektionalen Beziehungen betrachtet. Dieses Konzept geht davon aus, dass Schlafqualität und Muskelfunktion einander beeinflussen und in einem dynamischen Wechselverhältnis stehen können (Stone & Xiao, 2018).

Aus einer Richtung wirken jene Prozesse einer schlechten Schlafqualität, die bereits oben beschrieben wurden – hormonelle Dysregulation, erhöhte Entzündungsreaktionen und eine eingeschränkte Regeneration. Gleichzeitig kann die verminderte Schlafqualität die Motivation und Fähigkeit zur körperlichen Aktivität reduzieren und dementsprechend die Abbauprozesse begünstigen (Prokopidis & Dionysiotis, 2021; Stone & Xiao, 2018).

In die andere Richtung kann jedoch auch eine eingeschränkte Muskelfunktion die Schlafqualität negativ beeinflussen. Nächtliche Ruhephasen können durch funktionelle Einschränkungen, Muskelschwäche oder Schmerzen durch häufiges Umlagern während der Nacht gestört werden, was zu einer Fragmentierung des Schlafs beiträgt. Zudem kann die reduzierte körperliche Aktivität den homöostatischen Schlafdruck verringern, was Einschlafprobleme und wiederum nächtliches Aufwachen begünstigen kann (Gillespie et al., 2020; Reichert et al., 2022; Dworak et al., 2007).

Aus diesen Wechselwirkungen kann langfristig ein negativer Kreislauf entstehen, der zur Entwicklung oder Verschärfung von Syndromen wie Sarkopenie, Gebrechlichkeit und funktioneller Abhängigkeit beiträgt, die häufig mit einem höheren Lebensalter in Verbindung gebracht werden (Li et al., 2023; Cruz-Jentoft et al., 2019). Dieses bidirektionale Modell lässt sich theoretisch in die Bereiche der Schlaf- und Alternsforschung einordnen, wo veränderte Schlafregulation, verminderte körperliche Aktivität und entzündliche sowie hormonelle Veränderungen als gemeinsame Einflussfaktoren der Schlafqualität wie auch der Muskelfunktion betrachtet werden. Aus dieser Sicht erscheint es sinnvoll, Schlafqualität und Muskelfunktion nicht isoliert zu betrachten, sondern als miteinander verknüpfte Komponenten im Rahmen eines übergeordneten Gesundheitssystems und dies insbesondere im fortgeschrittenen Alter (Stone & Xiao, 2018; Li et al., 2023).

Für diese Arbeit ist insbesondere relevant, dass die Schlafqualität sowohl mit objektiven als auch subjektiven Indikatoren der Muskelfunktion assoziiert sein kann. Da der Body-Mass-Index im Alter sowohl mit Schlafparametern als auch mit der Muskelfunktion in Verbindung gebracht wird, erscheint es außerdem sinnvoll, zu untersuchen, ob Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion je nach BMI variieren. Diese potenziellen Zusammenhänge werden in den folgenden Kapiteln 1.3 und 1.4 näher beleuchtet.

1.3 Definition und Einordnung des BMI

Der Body-Mass-Index (BMI) ist ein verbreiteter anthropometrischer Indikator zur Einordnung des Körpergewichts im Verhältnis zur Körpergröße. Er wird berechnet, indem das Körpergewicht in Kilogramm durch die quadrierte Körpergröße in Metern dividiert wird. Aufgrund seiner einfachen Erhebung, wird der BMI in der epidemiologischen Forschung häufig zur Klassifikation von Untergewicht, Normalgewicht, Übergewicht und Adipositas verwendet, insbesondere in großen populationsbasierten Studien (Garfield, 2019; Stone & Xiao, 2018).

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) wird der Body-Mass-Index (BMI) als einfacher Index aus Gewicht und Körpergröße (kg/m^2) verwendet, um den Ernährungs- beziehungsweise Gewichtsstatus von Erwachsenen ab 18 Jahren zu klassifizieren. Dabei gelten für Erwachsene unabhängig vom Geschlecht folgende Kategorien: Untergewicht liegt bei einem BMI von $< 18,5 \text{ kg/m}^2$, Normalgewicht bei $18,5\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$, Übergewicht bei $\geq 25,0 \text{ kg/m}^2$ und Adipositas bei $\geq 30,0 \text{ kg/m}^2$ (WHO, 2000). Die Kategorisierung dient in dieser Arbeit primär der begrifflichen Einordnung.

Trotz seiner weitreichenden Nutzung stellt der BMI kein tatsächliches Maß für die Zusammensetzung des Körpers dar, da dieser keine Unterscheidung zwischen Fett- und fettfreier Masse treffen kann. Diese Limitation ist besonders im höheren Lebensalter relevant, da der

Verlust von Muskelmasse und die Zunahme von Fettmasse gleichzeitig auftreten, während sich der BMI kaum verändert. In derartigen Fällen kann der BMI den Anschein von stabilen Gewichtsverhältnissen erwecken, obwohl es tatsächlich funktionell relevante Veränderungen in der Körperzusammensetzung gibt (Garfield, 2019; Coin et al., 2008). Darüber hinaus kann eine altersbedingte Verminderung der Körpergröße, beispielsweise durch Kompression der Wirbelsäule oder durch osteoporotische Veränderungen, zu einer Überbewertung des BMI führen, ohne dass tatsächlich eine Gewichtszunahme stattgefunden hat (Garfield, 2019; Christmas, 2024).

Der Body-Mass-Index repräsentiert somit ein praktisches Erhebungsinstrument, das einen globalen Überblick über den Ernährungs- und Gewichtsstatus liefert, in der Altersforschung jedoch nur begrenzt geeignet ist, um funktionell relevante Veränderungen der Körperzusammensetzung präzise darstellen zu können. Eine gründliche Analyse ist daher vor allem dann notwendig, wenn Zusammenhänge zu funktionellen Outcomes wie der Muskelfunktion oder der Schlafqualität untersucht werden.

1.3.1 Limitationen des BMI im Alter und Körperzusammensetzung

Wie bereits angesprochen, ergeben sich die Einschränkungen des BMI bei älteren Menschen vor allem daraus, dass dieser Index wesentliche Aspekte der Körperzusammensetzung nicht erfasst, wie die Anteile von Fett- und Muskelmasse, die Verteilung des Fettes sowie qualitative Veränderungen in der Muskulatur (Garfield, 2019). Mit steigendem Alter verändert sich die Körperzusammensetzung in der Regel hin zu einer Zunahme des Fettanteils, während die Muskelmasse abnimmt (Kim et al., 2023). Diese Verschiebung kann bei unverändertem BMI geschehen und bleibt daher beim BMI als alleiniges Darstellungsmaß nur schwer erkennbar (Buch et al., 2016).

Somit ist es naheliegend, dass der BMI weder die Gewichthistorie noch unbeabsichtigte Gewichtsverluste oder wichtige Muskelparameter genau widerspiegelt, wodurch funktionelle Veränderungen nur unzureichend abgebildet werden (Buch et al., 2016). Zudem bezieht sich der BMI nicht auf die Verteilung des Körperfetts, wobei insbesondere viszerales Fett und Fettinfiltration in die Muskulatur im Alter von Bedeutung sind, da sie mit Stoffwechsel- und Entzündungsprozessen verbunden sein können, die die funktionellen Outcomes beeinflussen (Kim et al., 2023; Cruz-Jentoft et al., 2019).

Ein weiterer Punkt ist, dass die Kategorien des BMI nicht in gleicher Weise interpretierbar sind wie bei jüngeren Personengruppen. So kann die Körperzusammensetzung bei gleichem BMI zwischen Individuen erheblich variieren. Außerdem wird erörtert, dass nicht alle älteren Personen im Bereich von Übergewicht oder Adipositas notwendigerweise von einer Gewichtsreduktion profitieren, weshalb eine isolierte Betrachtung des BMI ohne zusätzliche

Information über Funktionalität und Körperzusammensetzung kritisch betrachtet werden sollte (Christmas, 2024).

Trotz dieser Mängel bleibt der BMI in der epidemiologischen Forschung ein bedeutender Maßstab. Die einfache und standardisierte Erfassung ermöglicht Analysen auf Bevölkerungsebene und internationale Vergleiche, insbesondere wenn der BMI in Verbindung mit funktionellen Parametern, wie der Muskelfunktion, kombiniert wird (Stone & Xiao, 2018; Garfield, 2019; Buch et al., 2016).

1.3.2 Sarkopenische Adipositas und funktionelle Folgen

Die altersassoziierte Veränderung der Körperzusammensetzung kann in ihrer ungünstigsten Form als sarkopenische Adipositas auftreten – ein Zustand, der durch eine erhöhte Fettmasse bei gleichzeitig reduzierter Muskelmasse beziehungsweise Muskelfunktion gekennzeichnet ist. Dieser Typus wird mit erhöhten Risiken in Bezug auf den Stoffwechsel, Entzündungen und die körperliche Funktion assoziiert (Stenholm et al., 2008; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021; Donini et al., 2022). Sarkopenische Adipositas kombiniert die Auswirkungen zweier eigenständiger Syndrome: Sarkopenie ist definiert durch den progressiven Abbau von Muskelmasse, Muskelkraft und/oder -funktion, während Adipositas mit der Ansammlung von Fettgewebe sowie Veränderungen im metabolischen und entzündlichen Bereich einhergeht. Die Kombination beider Zustände führt zu synergistischen negativen Effekten, die über die isolierte Betrachtung der einzelnen Komponenten hinausgehen (Prado et al., 2024).

Bei Adipositas im Alter wird zum Teil das „Adipositas-Paradoxon“ diskutiert, welches besagt, dass höhere BMI-Werte in bestimmten älteren Bevölkerungsgruppen möglicherweise mit einem verminderten Risiko für Mortalität einhergehen können. Tomlinson et al. (2016) beschreiben in ihrem Review, dass Adipositas besonders in der belasteten Muskulatur der unteren Extremität zum Teil auch mit höherer absoluter Muskelmasse und Muskelkraft assoziiert sein kann, was unter anderem als möglicher Trainingseffekt aufgrund der höheren Körpermasse interpretiert wird (Tomlinson et al., 2016).

Dieses Ergebnis wird allerdings unter anderem mit Mess- und Selektionsmechanismen wie unzureichender Erfassung der Körperzusammensetzung und/oder krankheitsbedingtem Gewichtsverlust, in Verbindung gebracht. Für Menschen mit sarkopenischer Adipositas wird dementsprechend berichtet, dass sie von einem möglichen „Paradoxon“ nicht gleichermaßen profitieren und ein ungünstigeres Risikoprofil haben könnten (Weig et al., 2016; Dramé & Godaert, 2023; Donini et al., 2022).

Pathophysiologisch wird diskutiert, dass Adipositas zu einer verstärkten ektopen Fetteinlagerung in die Skelettmuskulatur führen kann (intramuskuläres/intermuskuläres Fett). Diese

Fettinfiltrationen werden mit einer verringerten Muskelqualität, einer eingeschränkten kontraktilen Fähigkeit und verstärkten lokalen Entzündungsprozessen assoziiert (Kim et al., 2023; Wu et al., 2023; Buch et al., 2016). Darüber hinaus werden Mechanismen beschrieben, die über Adipokine und Hormone den Muskelstoffwechsel und die Muskelfunktion direkt und indirekt beeinflussen können (Prokopidis & Dionyssiotis, 2021).

Ein Begriff, der häufig in Zusammenhang mit reduzierter Muskelkraft bei gleichzeitig erhöhtem Körpergewicht auftritt, ist die dynapenische Adipositas. Der Ausdruck dynapenische Adipositas beschreibt einen Zustand, bei dem erhöhte Fettmasse bzw. Adipositas mit zugleich verminderter Muskelkraft (Dynapenie) auftritt, wobei der Schwerpunkt im Gegensatz zur Sarkopenie vorwiegend auf der Kraftkomponente liegt (Donini et al., 2022; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021). Untersuchungen zur dynapenischen Adipositas (z. B. geringe Handkraft bei gleichzeitig erhöhtem BMI) zeigen ein höheres Risiko für Einschränkungen der Mobilität und Behinderung im Vergleich zu alleiniger Dynapenie oder Adipositas. Das Concord Health and Aging Project berichtete, dass ältere Männer mit sarkopenischer Adipositas ein 2-fach höheres Risiko für Gebrechlichkeit und ein etwa 1,5-fach höheres Risiko für Behinderung während der 7-jährigen Follow-up-Periode hatten, während Adipositas allein keine vergleichbaren negativen funktionellen Ergebnisse zur Folge hatte (Jung et al., 2016; Hirani et al., 2017).

Diese weitreichenden funktionellen Einbußen können letztendlich zu Pflegebedürftigkeit und Institutionalisierung führen, was einerseits für die Betroffenen, andererseits auch für das Gesundheitssystem enorme Auswirkungen hat. Für die Betroffenen gehen diese Einbußen meist mit einer erheblichen Reduktion der Lebensqualität einher, bedingt durch den Verlust der funktionellen Unabhängigkeit, der eingeschränkten sozialen Teilhabe und den chronischen, gesundheitlichen Beschwerden, die das subjektive Wohlbefinden beeinträchtigen.

1.3.3 BMI als möglicher Kontextfaktor: Risiken bei niedrigem und hohem Body-Mass-Index

Die Beziehung zwischen dem BMI und gesundheitlichen Outcomes im höheren Alter zeigt häufig kein lineares Muster. Stattdessen wird eine Verteilung der Risiken thematisiert, bei der sowohl sehr niedrige als auch sehr hohe BMI-Werte mit negativen funktionellen und gesundheitlichen Folgen verbunden sein können (Stenholm et al., 2008; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021).

Ein niedriger BMI ist ein Indikator für eine verringerte Gesamtkörpermasse, wobei insbesondere die Muskelmasse betroffen sein kann. Dies könnte die Anfälligkeit für Sarkopenie und die damit verbundenen funktionellen Einschränkungen erhöhen. Schätzungen zur

Prävalenz zeigen, dass Sarkopenie im höheren Alter relativ häufig vorkommt, wobei die Werte je nach Definition und Population schwanken (Curtis et al., 2023; Shafiee et al., 2017). In einer multivariablen Analyse wurde berichtet, dass ältere Erwachsene mit Untergewicht ($\text{BMI} < 18,5$) eine 2,25 erhöhte Wahrscheinlichkeit für Sarkopenie aufwiesen verglichen mit Personen im normalen BMI-Bereich (18,5-24,9) (Curtis et al., 2023). Darüber hinaus kann ein niedriger BMI auf eine unzureichende Energiezufuhr bzw. Mangelernährung hinweisen, was den altersbedingten Muskelabbau begünstigen kann. Epidemiologische Befunde zeigen zudem, dass niedrige BMI-Werte im Alter mit erhöhter Mortalität assoziiert sein können, wobei dieser Zusammenhang teilweise durch zugrunde liegende Erkrankungen und funktionelle Einschränkungen vermittelt wird. Personen mit niedrigem BMI zeigen häufig eine erhöhte Vulnerabilität gegenüber Stressoren und verfügen über eingeschränkte Ressourcen bei zusätzlichen Belastungen wie akuten Erkrankungen, Hospitalisierung oder auch Schlafstörungen (Stone & Xiao, 2018).

Auf der gegenüberliegenden Seite des BMI-Spektrums wird ein hoher BMI mit bestimmten Risikofaktoren in Verbindung gebracht. Wie in Kapitel 1.3.2 erläutert, kann ein erhöhter BMI im Alter auf eine ungünstige Körperzusammensetzung – wie sarkopenische oder dynapenische Adipositas – hindeuten, wobei die Ergebnisse von den angewendeten Messmethoden und Definitionen abhängen (Buch et al., 2016). Eine Populationsstudie fand bei älteren Frauen mit einem hohen BMI beziehungsweise mit hohem Fettanteil eine gesteigerte Prävalenz funktioneller Einschränkungen (Coin et al., 2008). Die Befunde für Übergewicht und Adipositas waren inkonsistent und könnten messungsabhängig sein. Übergewicht und Adipositas waren mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für Sarkopenie assoziiert, wenn diese in der zugrunde liegenden Studie auf Basis einer eingeschränkten Kraft der unteren Extremitäten definiert wurde. Im Gegensatz dazu schien ein höherer BMI protektiv zu wirken, wenn wahrscheinliche Sarkopenie allein durch niedrige Handgriffkraft definiert wurde. Die Untersuchungen zeigen, dass die Zusammenhänge zwischen BMI und der Wahrscheinlichkeit für Sarkopenie je nach Definition des Outcomes (zum Beispiel Handgriffkraft im Vergleich zur Kraft der unteren Extremitäten) variieren können, was die Notwendigkeit einer differenzierten Analyse bekräftigt (Curtis et al., 2023).

Insgesamt unterstützen die empirischen Ergebnisse die Vorstellung, dass sowohl Untergewicht als auch Übergewicht oder Fettleibigkeit im Alter mit Beeinträchtigungen der Muskelleistung verbunden sein können. Allerdings ist die Datenlage teilweise uneinheitlich und hängt von den verwendeten Messmethoden und Definitionen ab (Stenholm et al., 2008; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021; Curtis et al., 2023). Diese Befunde aus der Literatur sprechen dafür, den BMI im Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion nicht

ausschließlich als Kontrollvariable, sondern auch als möglichen Moderator zu diskutieren. In Kapitel 1.4 wird diese Perspektive aufgegriffen.

1.4 BMI als potenzieller Moderator des Zusammenhangs von Schlafqualität und Muskelfunktion

Neben seiner Nutzung als Indikator für das Körpergewicht wird der BMI im Kontext des höheren Lebensalters zunehmend als Faktor betrachtet, der die Beziehung zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion beeinflussen könnte. Ein moderierender Effekt des BMI zeigt sich, wenn sich Stärke oder Richtung des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion je nach BMI unterscheiden. Diese Perspektive ist im höheren Lebensalter besonders relevant und mit den bereits angeführten Prozessen begründet, wonach Veränderungen von Fett- und Muskelmasse häufig parallel auftreten und funktionelle Messergebnisse beeinflussen können (Genario et al., 2023; Arora et al., 2024).

Die Annahme, dass der BMI einen moderierenden Effekt haben könnte, ist auch unter dem Gesichtspunkt nachvollziehbar, dass Assoziationen zwischen BMI und funktionellen Outcomes von den Definitionen und Messmethoden abhängen können (vgl. Kapitel 4.3). Im Folgenden sollen eine Abgrenzung zu möglichen Mediationen des BMI hergestellt und auch jene Mechanismen erläutert werden, über die sich die Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion in Abhängigkeit vom BMI unterscheiden könnten.

1.4.1 Konzeptuelle Einordnung: Moderation und Mechanismen

Theoretisch kann der Body-Mass-Index als ein relevanter Kontextfaktor wirken, der sowohl die physiologischen Ausgangsbedingungen wie die entzündliche Aktivität, Stoffwechselregulation und funktionelle Reserven, als auch verhaltensbezogene Aspekte wie das Aktivitätsniveau beeinflusst. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, dass Schlafstörungen bei Menschen mit ungünstigem BMI, sei dieser niedrig oder hoch, andere Auswirkungen auf die Muskulatur haben könnten als bei Personen mit einem BMI im Normalbereich (Li et al., 2023; Buch et al., 2016). Die folgenden Abschnitte widmen sich den Mechanismen, die in der Fachliteratur im Spannungsfeld von Schlaf, BMI sowie Muskelfunktion behandelt werden.

In der Literatur werden zudem nicht nur moderierende Effekte, sondern auch indirekte Pfade thematisiert, wonach das Schlafverhalten mit Änderungen des BMI und diese wiederum mit der Muskelfunktion in Zusammenhang gebracht werden (Schlaf → BMI → Muskelfunktion). Zusammenhänge beziehungsweise Pfade dieser Art entsprechen konzeptionell eher Mediationsmodellen als Moderationsmodellen und werden daher hier nicht als zentrales Argument dargestellt, sondern sollen eher als ergänzende Information dienen. Diese

Perspektive wird durch longitudinale Studien gestützt, in denen Zhang et al. (2023) beispielsweise einen zeitlich geordneten Zusammenhang berichteten, bei dem Schlafdauer zunächst den BMI und der BMI nachfolgend die Muskelkraft beeinflusste.

1.4.2 Hoher BMI: Inflammation als potenzieller Verstärkungsmechanismus

Ein bedeutsamer Mechanismus, über den ein hoher Body-Mass-Index den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion beeinflussen könnte, ist die Dysregulation entzündlicher Prozesse – sowohl schlechte Schlafqualität wie auch ein ungünstiger BMI werden mit erhöhten Entzündungsprozessen assoziiert (Irwin et al., 2016; Kim et al., 2023). Diese im Alter häufiger auftretenden chronisch niedriggradigen Entzündungszustände spielen eine bedeutende Rolle bei der altersassoziierten Verschlechterung der Muskelfunktion (Mullington et al., 2009). Ein Mangel an Schlaf sowie Schlafstörungen werden mit erhöhten Werten proinflammatorischer Marker wie Interleukin-6 (IL-6), Tumornekrosefaktor-alpha (TNF- α) und C-reaktivem Protein (CRP) in Verbindung gebracht. In einer umfassenden Übersichtsarbeit und Meta-Analyse, die 72 Studien umfasste, wurde festgestellt, dass Schlafprobleme mit höheren Werten von CRP und IL-6 verbunden waren. Zudem gab es messbare Hinweise auf den Zusammenhang zwischen einer verkürzten Schlafdauer und höheren CRP-Werten sowie zwischen einer extrem langen Schlafdauer und erhöhten CRP- und IL-6-Werten (Irwin et al., 2016). Zusätzlich zeigen experimentelle Ergebnisse, dass akuter Schlafentzug Entzündungsmarker erhöhen kann und die Auswirkungen einer partiellen Schlafdeprivation nicht immer sofort spürbar sind, sondern über mehrere Nächte hinweg festgestellt werden können (Ballesio et al., 2026).

Ein hoher BMI, vor allem wenn dieser mit einer erhöhten Fettmasse einhergeht, ist ebenso mit chronisch niedriggradiger Entzündungsaktivitäten verbunden. Adipöses (insbesondere viszerales) Fettgewebe fungiert als endokrines Organ und ist mit einer veränderten Sekretion von Zytokinen und Adipokinen verbunden, die systemische Entzündungsvorgänge fördern können. In diesem Kontext wird subklinische Inflammation mit einer erhöhten Abbaurate von Muskelproteinen und einer geringeren Regenerationsfähigkeit der Muskulatur in Verbindung gebracht (Buch et al., 2016). Daraus ergibt sich die plausible Annahme, dass schlafbedingte Entzündungsprozesse bei Personen mit hohem BMI auf eine bereits bestehende Entzündungslast treffen und somit in anderer Weise mit der Muskelfunktion verknüpft sein können als bei Menschen ohne diese Voraussetzungen.

1.4.3 Hoher BMI: Insulinresistenz und metabolische Dysregulation

Der zweite beschriebene Mechanismus bezieht sich auf die Insulinsensitivität und die metabolische Regulation. In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise, dass sowohl

unzureichender Schlaf als auch Adipositas mit einer reduzierten Insulinsensitivität als auch einer gestörten Glukosehomöostase assoziiert sind, was die Energieversorgung und Funktion der Muskulatur beeinträchtigen kann (Gangwisch et al., 2007; Donga et al., 2010; Knutson et al., 2007). Dabei zeigt sich bereits bei kurzfristiger partieller Schlafdeprivation eine Verschlechterung der Insulinsensitivität (Donga et al., 2010). Der dabei beobachtete metabolische Zustand weist Eigenschaften auf, die auch bei Typ-2-Diabetes beschrieben werden, dazu zählen eine verminderte Glukoseaufnahme in die Muskulatur und eine erhöhte hepatische Glukoseproduktion (Knutson et al., 2007; Briancon-Marjollet et al., 2015). Zusätzlich zeigen epidemiologische Daten, unter anderem auch Querschnittsstudien wie jene von Knutson et al. (2007), eine Assoziation von kurzer Schlafdauer und einer erhöhten Prävalenz von Diabetes-Typ-2. Eine aktuelle Übersichtsarbeit von Sondrup et al. (2022) bestätigt zudem einen Zusammenhang zwischen Schlafdeprivation und Insulinresistenz.

Auch die Zusammenhänge von Adipositas mit Insulinresistenz, beeinträchtigter Glukosetoleranz und metabolischer Dysregulation werden in der Literatur breit thematisiert (Rogers et al., 2024; Passaro et al., 2024). An dieser Stelle ist vor allem das viszerale Fettgewebe zu erwähnen, das über freie Fettsäuren und Adipositas-assoziierte Signalwege zur Beeinträchtigung der Insulinregulation im Gewebe beiträgt, einschließlich der Muskulatur. Die Folge ist eine reduzierte Glukoseaufnahme in Muskelzellen und damit eine eingeschränkte Energiebereitstellung für muskuläre Anforderungen und Regenerationsprozesse. Da die Muskulatur eine wesentliche Rolle bei der Aufnahme von Glukose und der Regulation des Grundumsatzes spielt, können Störungen in diesem System die Muskelfunktion unmittelbar beeinflussen (Buch et al., 2016; Donini et al., 2022; Hardy et al. 2012;).

Mit zunehmendem Alter treten zusätzlich Veränderungen auf, die diesen Mechanismus verstärken können, darunter eine reduzierte Glukosetoleranz, geringere Schlaffeffizienz und eine veränderte zirkadiane Rhythmik. Frank et al. (1995) zeigten, dass ältere Menschen verglichen mit jüngeren trotz ähnlicher Glukoseanstiege eine reduzierte Insulinsekretion aufweisen. Dies lässt vermuten, dass die altersbedingte Verschlechterung der Glukoseregulation nicht nur mit Insulinresistenz, sondern ebenso mit einer reduzierten β -Zellantwort zusammenhängt.

Bei Personen mit erhöhtem BMI kann die schlafbedingte Verschlechterung der Insulinsensitivität auf eine bereits bestehende, Adipositas-assoziierte Insulinresistenz treffen. Diese kumulative metabolische Belastung dürfte die Glukoseaufnahme in die Muskulatur weiter reduzieren und somit die Energieverfügbarkeit für muskuläre Leistung, Regeneration und Proteinsynthese einschränken. Zudem ist Insulinresistenz mit Veränderungen des Fettstoffwechsels assoziiert; dies äußert sich in einer verminderten Hemmung der Lipolyse und einer veränderten Fettsäureoxidation und kann folglich die metabolische Belastung weiter

erhöhen (Rogers et al., 2024). Eine Übersichtsarbeit von Passaro et al. (2024) zeigt außerdem, dass ektopische Lipidspeicherung in der Muskulatur mit Störungen der Insulinregulation und mitochondrialer Dysfunktion assoziiert sein kann.

Schlafmangelbedingte hormonelle Veränderungen, insbesondere erhöhte Cortisolspiegel und reduzierte anabole Signale, können diese Prozesse zusätzlich verstärken und den Erhalt der Muskelmasse erschweren. Da Adipositas selbst mit Veränderungen der hormonellen Regulation, wie reduzierter Testosteron- und Wachstumshormonspiegel sowie veränderter Leptinregulation, assoziiert ist, könnten diese Effekte bei Personen mit erhöhtem BMI aufgrund bereits bestehender endokriner Dysregulationen stärker ausgeprägt sein (Buch et al., 2016; Li et al., 2023; Garfield, 2019).

1.4.4 Hoher BMI: Aktivitätsverhalten und schlafbezogene Störungen

Ein dritter Mechanismus bezieht sich auf das Aktivitätsverhalten. Schlechte Schlafqualität kann mit Tagesmüdigkeit, verringerter Leistungsfähigkeit und einer geringeren Motivation für körperliche Betätigung verbunden sein, wodurch wiederum trainingswirksame Reize für die Muskulatur reduziert werden oder ausbleiben. Untersuchungen zeigen außerdem, dass Schlafrestriktion das körperliche Aktivitätsverhalten bei Erwachsenen mit erhöhtem Risiko für Typ-2-Diabetes verringern kann (Bromley et al., 2012). Eine aktuelle Übersichtsarbeit und Meta-Analyse zeigte zudem, dass akuter Schlafentzug verschiedene Aspekte, wie zum Beispiel Kraft, Ausdauer, Kraftausdauer oder auch die anaerobe Kapazität, der körperlichen Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen kann (Craven et al., 2022). Baron et al. (2013) untersuchten die bidirektionalen Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Schlaf und konnten dabei nachweisen, dass Schlaf das Aktivitätsverhalten am Folgetag beeinflusst; allerdings konnte nicht gezeigt werden, dass die tagesaktuelle Aktivität den Schlaf der folgenden Nacht bestimmt.

Ein hoher Body-Mass-Index (BMI) wird oft mit eingeschränkter Mobilität und einer erhöhten mechanischen Belastung bei körperlicher Betätigung in Verbindung gebracht, was es erschweren kann, aktiv zu bleiben (Stone & Xiao, 2018). Zusammengenommen kann dies bedeuten, dass eine durch Schlafstörungen bedingte Verringerung des Aktivitätsverhaltens insbesondere bei Personen mit hohem BMI auf bereits vorhandene Bewegungsbarrieren trifft. In Analysen auf Bevölkerungsebene wird außerdem über den Zusammenhang von sitzender Lebensweise, Entzündungsmarkern und Schlafstörungen diskutiert (You et al., 2023). Insgesamt ergibt sich daraus ein plausibler Mechanismus, über den BMI-assoziierte Aktivitätseinschränkungen den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion beeinflussen könnten.

Zusätzlich ist bei einem hohen BMI das häufigere Auftreten von Schlafstörungen, insbesondere der obstruktiven Schlafapnoe, von Bedeutung. Diese kann zu einer Fragmentierung des Schlafes und intermittierender Hypoxie führen, was die Qualität des Schlafes beeinträchtigen kann (Forte et al., 2025). Intermittierende Hypoxie gilt als wesentliches Merkmal der obstruktiven Schlafapnoe und wird als auslösender Mechanismus von inflammatorischen und metabolischen Veränderungen diskutiert. Dies zeigt sich unter anderem in einem Zusammenhang zur Insulinempfindlichkeit in Zielorganen wie der Muskulatur (Ryan, 2017).

1.4.5 Niedriger BMI als Vulnerabilitätsfaktor

Neben den Mechanismen, die mit einem hohen BMI verbunden sind, ist es theoretisch auch plausibel, dass ein niedriger BMI mit einer höheren Vulnerabilität gegenüber schlafbezogenen Beeinträchtigungen der Muskelfunktion einhergeht. Dieser Ansatz ist von den bereits erwähnten Mechanismen dahingehend zu unterscheiden, dass sich dieser auf die physiologische Reserve und die Regenerationskapazität bezieht. Niedrige BMI-Werte können mit einer geringeren Muskelmasse beziehungsweise einer reduzierten funktionellen Reserve gemeinsam auftreten, was dazu führen kann, dass bereits geringfügige Veränderungen der Muskelproteinsynthese oder der neuromuskulären Funktion überproportional größere funktionelle Auswirkungen haben können. In einer Studie auf Bevölkerungsebene von Buch et al. (2016) wurde festgestellt, dass ältere Erwachsene mit Untergewicht ($\text{BMI} < 18,5$) verglichen mit Personen im normalen BMI-Bereich ($18,5\text{--}24,9$) eine um 2,25 erhöhte Wahrscheinlichkeit für Sarkopenie aufwiesen (Curtis et al., 2023). Analysen von NHANES-Daten (2011–2018) zeigen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen niedrigem BMI und einer geringen Muskelmasse. Da es sich um eine Querschnittsstudie handelt, sind die Ergebnisse jedoch lediglich als Assoziationen zu interpretieren; kausale Wirkmechanismen können nicht abgeleitet werden (Xie et al., 2025).

Ein niedriger BMI kann auch ein Zeichen für unzureichende Nahrungsaufnahme oder Mangelernährung darstellen. Die Global Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) betrachtet einen niedrigen BMI beziehungsweise reduzierte Muskelmasse und -kraft als wichtige Merkmale bei der Diagnose von Mangelernährung (Cederholm et al., 2019; Buch et al., 2016). Bei älteren Menschen wird Mangelernährung mit einer verringerten Muskelmasse und -funktion sowie einem erhöhten Auftreten von physischer Gebrechlichkeit in Zusammenhang gebracht (Volkert et al., 2019). In Richtlinien und Übersichtsartikeln werden bezüglich der empfohlenen Eiweißzufuhr je nach Gesundheitszustand unterschiedliche Zielwerte vorgeschlagen, wobei höhere Mengen besonders für ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Menschen empfohlen werden (Bauer et al., 2013). Das Positionspapier von PROT-AGE empfiehlt für Personen über 65 Jahre eine durchschnittliche Proteinzufuhr in einem Bereich von zumindest 1,0–1,2 g/kg Körpergewicht pro Tag, mit höheren

Empfehlungen ($\geq 1,2$ g/kg/Tag) bei körperlich aktiven beziehungsweise belasteten älteren Personen (Bauer et al., 2013). Auch die ESPEN-Leitlinie zur klinischen Ernährung und Hydratation in der Geriatrie empfiehlt für ältere Personen eine Proteinaufnahme von zumindest 1 g/kg Körpergewicht pro Tag, die abhängig von Ernährungsstatus, Krankheit und Belastung individuell angepasst werden sollte (Volkert et al., 2019; Volkert et al., 2022).

In Verbindung mit unzureichender Schlafqualität, die mit körperlichen Stressreaktionen und Stoffwechselveränderungen verknüpft sein kann, könnte eine niedrige physiologische Reserve oder Kapazität dazu beitragen, dass Schlafstörungen bei Menschen mit niedrigem BMI auf andere Weise mit der Muskelfunktion in Zusammenhang stehen als bei Personen mit einem mittleren BMI (Li et al., 2023; Buch et al., 2016).

Insgesamt lässt sich über diese potenziell synergetisch wirkenden Mechanismen eine Moderationsannahme ableiten, nach der sowohl niedrige als auch hohe BMI-Werte unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion aufweisen könnten. Zusammenfassend würde dies für Personen mit hohem BMI bedeuten, dass synergetische Effekte über die Mechanismen der inflammatorischen Grundlast, Insulinresistenz beziehungsweise metabolische Dysregulation, Aktivitätseinschränkungen sowie schlafbezogenen Atemstörungen wirken (Irwin et al., 2016; Prokopidis und Dionyssiotis, 2021; Forte et al., 2025). Besonders niedriger BMI könnte sich hingegen über eine geringere Reserve- und Regenerationskapazität und mögliche Mangelernährung beziehungsweise mangelhafte Proteinzufuhr auswirken (Bauer et al., 2013; Volkert et al., 2019; Volkert et al., 2022).

1.5 Alter und Geschlecht als Kovariaten

Im folgenden Abschnitt werden Alter und Geschlecht als potenziell relevante Einflussfaktoren im Zusammenhang mit der Muskelfunktion näher betrachtet.

1.5.1 Alter

Wie aus der bisherigen Literaturdarstellung ersichtlich ist, stellt ein höheres Lebensalter einen zentralen Faktor für die Muskelfunktion dar. (Muskuläre) Leistungsfähigkeit, gesundheitsrelevante Einflussgrößen, wie Schlafparameter und Körperzusammensetzung, sind von altersabhängigen Veränderungen betroffen. Im Laufe des Alterns kommt es zu einem Rückgang der Muskelkraft und der funktionellen Leistungsfähigkeit, die nicht allein durch den Verlust von Muskelmasse zu erklären sind, sondern auch qualitative sowie neuromuskuläre Anpassungsprozesse umfasst (Cruz-Jentoft et al., 2019; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021; vgl. Kapitel 1.2.1). Gleichzeitig verändern sich mit dem Altern häufig die Schlafmerkmale hin zu einer stärkeren Fragmentierung des Schlafs und einer geringeren Schlafeffizienz (Carskadon & Dement, 2005; vgl. Kapitel 1.1.2). Darüber hinaus haben altersbedingte Veränderungen der Körperzusammensetzung – vor allem eine Zunahme des Körperfetts

bei gleichzeitiger Abnahme der Muskelmasse – funktionelle Folgen, die bei gleichem BMI unterschiedlich ausgeprägt sein können (Kim et al., 2023; Li et al., 2023; Coin et al., 2008; vgl. Kapitel 1.3.1).

Vor diesem Hintergrund soll das Alter als möglicher Einflussfaktor auf die Muskelfunktion berücksichtigt werden, um altersbedingte Unterschiede in der muskulären Leistungsfähigkeit adäquat zu kontrollieren.

1.5.2 Geschlecht als Kontextfaktor

Neben dem Alter stellt das Geschlecht einen bedeutsamen Faktor für die Muskelfunktion dar. Im Mittel unterscheiden sich Männer und Frauen sowohl in Bezug auf die absolute Muskelmasse als auch hinsichtlich der Muskelkraft und deren Veränderungen im Alter. Diese Unterschiede werden unter anderem auf geschlechtsspezifische Hormonprofile sowie Unterschiede in der Körperzusammensetzung zurückgeführt (Cruz-Jentoft et al., 2019). In der Alterns- und Gesundheitsforschung ist es notwendig, geschlechtsspezifische Aspekte zu berücksichtigen, da eine einheitliche Betrachtung das Einordnen funktioneller Outcomes im höheren Lebensalter erschweren kann (Nuzzo, 2024).

Bei Erwachsenen zeigen Männer im Durchschnitt eine höhere absolute Muskelmasse und Muskelkraft als Frauen. Im Gegensatz dazu weisen Frauen im Durchschnitt eine geringere absolute Muskelmasse und einen höheren relativen Fettanteil auf, wobei die funktionelle Leistungsfähigkeit nicht zwingend proportional zur Muskelmasse eingeschränkt sein muss (Prokopidis und Dionyssiotis, 2021). Darüber hinaus sind geschlechtsspezifische Unterschiede der Kraft je nach Körperregion unterschiedlich stark ausgeprägt: Es wird berichtet, dass die Kraft von Frauen der oberen Extremitäten etwa 50 bis 60% der Kraft von Männern beträgt, während sie in der unteren Extremität etwa 60 bis 70% erreicht (Nuzzo, 2024). Diese Unterscheidung ist wichtig bezüglich der Auswertung muskelfunktioneller Messungen, insbesondere wenn – wie in dieser Arbeit – die objektive Muskelfunktion durch einen Test an den unteren Extremitäten (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) erfasst wird.

Neben Unterschieden in den Kraftprofilen werden zudem Differenzen in der Zusammensetzung der Muskelfasern und der Ermüdungsresistenz thematisiert. Übersichtsarbeiten zeigen, dass Männer im Durchschnitt über größere Querschnitte der Muskelfasern verfügen, während Frauen einen höheren relativen Anteil beziehungsweise eine proportional größere Fläche an oxidativen Typ-I-Fasern aufweisen (Nuzzo, 2024). In diesem Zusammenhang wird erläutert, dass geschlechtsspezifische Unterschiede in der Ermüdungsresistenz und den Leistungsprofilen je nach Aufgabe und Muskelgruppe variieren können (Hunter, 2014). An dieser Stelle sei erwähnt, dass für die Untersuchung der vorliegenden Arbeit weniger die mechanistische Erklärung, sondern mehr die funktionelle Konsequenz von Bedeutung

ist, dass testabhängige Leistungsprofile zwischen Männern und Frauen voneinander abweichen und sich dadurch Unterschiede in den funktionellen Testergebnissen ergeben können.

Im höheren Lebensalter können sich geschlechtsspezifische Verläufe durch hormonelle Veränderungen zusätzlich verändern. Bei Frauen können Veränderungen im Zusammenhang mit der Menopause Muskelqualität und Körperzusammensetzung beeinflussen. Im Besonderen wird dabei der Rückgang des Östrogenspiegels mit einer Verschlechterung der Muskelqualität, einer Zunahme intramuskulären Fettgewebes und einer gesteigerten Neigung zu Entzündungen in Verbindung gebracht. Diese Veränderungen können das Risiko für Sarkopenie für Frauen in der Postmenopause erhöhen (Frontera et al., 2000; Li et al., 2023). Gleichzeitig legen Studien nahe, dass sich die Kraftwerte von Männern und Frauen im Alter teilweise angleichen können. Männer weisen in einigen Untersuchungen einen stärkeren, absoluten altersbedingten Rückgang auf, Frauen hingegen häufiger Einschränkungen in der Funktion der unteren Extremitäten. Dies kann sich bei Frauen in einer erhöhten Sturzanfälligkeit und einer reduzierten Mobilität äußern (Mijnarends et al., 2018). Daher könnte das Geschlecht sowohl mit der Ausgangssituation als auch mit dem Risiko für funktionelle Einschränkungen im Alter verbunden sein.

Auch im Zusammenhang von Schlaf und Muskelfunktion werden Unterschiede zwischen den Geschlechtern thematisiert. Einzelne Studien untersuchten die Geschlechtsspezifität des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und körperlicher Funktion. In einer Untersuchung älterer Erwachsener konnte eine Assoziation zwischen schlechter Schlafqualität und verringerter Muskelkraft bei Frauen gezeigt werden, während dieser Zusammenhang bei Männern nicht in gleicher Weise beobachtet werden konnte. Für andere Maße körperlicher Leistungsfähigkeit fielen die Befunde nicht konsistent aus (Denison et al., 2021). Darüber hinaus deuten Metaanalysen darauf hin, dass Zusammenhänge zwischen Schlafparametern und Sarkopenie je nach Subgruppe unterschiedlich sein können, wobei Geschlecht als möglicher Einflussfaktor berücksichtigt wird (Li et al., 2023). Zusätzlich legen prospektive Daten nahe, dass Zusammenhänge zwischen subjektiver Schlafqualität und Entzündungsmarkern zwischen den Geschlechtern unterschiedlich ausfallen können, was als mögliche Erklärung für geschlechtsspezifische Unterschiede in schlafbezogenen Gesundheitszusammenhängen diskutiert wird (Prather et al., 2013). Insgesamt legen diese Befunde nahe, dass Geschlecht im Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion als relevanter Kontextfaktor angesehen werden kann.

1.6 Zielsetzung und Hypothesen der empirischen Untersuchung

Die bisherige Literatur macht deutlich, dass Schlafqualität und Muskelfunktion – insbesondere im höheren Lebensalter – in Zusammenhang stehen können. Dabei werden sowohl direkte physiologische Mechanismen, wie hormonelle und inflammatorische Prozesse, als auch indirekte über das Aktivitätsverhalten diskutiert (Li et al., 2023; Stone & Xiao, 2018). Gleichzeitig zeigen sich Unterschiede je nach untersuchten Schlafparametern, wie der Schlafqualität oder der Schlafdauer und nach angewendeten Maßen der Muskelfunktion; dazu zählen einerseits objektive Leistungstests und andererseits subjektive Funktionseinschätzungen. Zudem ist die Rolle der Körperzusammensetzung beziehungsweise des Körpergewichts im höheren Alter relativ komplex, da BMI-Werte funktionell nicht in jedem Fall eindeutig zu interpretieren sind und je nach Kontext mit unterschiedlichen gesundheitlichen Risiken verbunden sein können (Garfield, 2019; Kim et al., 2023).

Trotz einer wachsenden Anzahl empirischer Studien bestehen in diesem Forschungsfeld weiterhin offene Fragen. In Studien werden unterschiedliche Maße der Muskelfunktion verwendet, wodurch Ergebnisse zwischen Untersuchungen nur eingeschränkt vergleichbar sind; insbesondere werden dabei objektive und subjektive Maße nicht immer gemeinsam betrachtet. Zudem wird der BMI in vielen Analysen zwar berücksichtigt, dies geschieht allerdings vorwiegend als Kontrollvariable. Die im theoretischen Teil dieser Arbeit dargestellte Literatur zeigt, dass eine mögliche Moderatorrolle des BMI – also als Faktor, der die Stärke eines Zusammenhangs verändert – deutlich seltener geprüft wurde. Darüber hinaus können Alter und Geschlecht sowohl mit Schlaf als auch mit Muskelfunktion zusammenhängen und sollten daher im Kontext entsprechender Analysen berücksichtigt werden (Cruz-Jentoft et al., 2019; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021). Außerdem liegen bislang nur wenige Erkenntnisse aus Österreich zu diesem Forschungsgebiet vor.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die subjektive Schlafqualität mit objektiver und subjektiver Muskelfunktion bei älteren Erwachsenen (65+) zu untersuchen und über diesen kombinierten Zugang sowohl die funktionelle Leistungsfähigkeit als auch subjektiv wahrgenommene funktionelle Einschränkungen abzubilden. Zusätzlich wurde geprüft, ob der BMI den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion moderiert. Alter und Geschlecht wurden dabei als relevante Einflussfaktoren mitberücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit sollte dazu beitragen, die bisherige Forschung um eine differenzierte Betrachtung der Muskelfunktion zu erweitern und die Rolle des BMI nicht nur als Kontrollvariable, sondern als potenziell einflussnehmenden Faktor zu untersuchen. Damit sollte ein Beitrag zur Evidenzlage auf Basis einer österreichischen Stichprobe geleistet werden.

1.6.1 Hypothesen

Auf Grundlage des dargestellten Forschungsstands wurden folgende Hypothesen formuliert:

H1a (primärer Outcome): Schlechtere Schlafqualität (höherer PSQI-Score) ist mit einer geringeren objektiven Muskelfunktion, gemessen mittels 30-Sekunden-Chair-Stand-Test, assoziiert.

H1b (sekundärer Outcome): Schlechtere Schlafqualität (höherer PSQI-Score) ist zudem mit einer schlechteren subjektiven Muskelfunktion, erfasst mit dem SARC-F-Score, assoziiert.

H2: Der Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion wird durch den BMI moderiert.

H3: Alter und Geschlecht stehen in Zusammenhang mit der Muskelfunktion.

2 Methodik

Auf Basis des vorangegangenen theoretischen Hintergrunds und den in Abschnitt 2.7 abgeleiteten Hypothesen werden im Folgenden das Studiendesign, die Stichprobe sowie die Erhebungsinstrumente und Variablen der vorliegenden Analysen beschrieben. Darüber hinaus werden die Schritte der Datenaufbereitung und der statistische Analyseplan dargestellt. Ziel dieses Kapitels ist eine transparente Darstellung der Vorgangsweise, anhand derer die Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und objektiver beziehungsweise subjektiver Muskelfunktion sowie die potenzielle moderierende Rolle des BMI untersucht wurden. Zum Abschluss dieses Kapitels werden die verwendeten Verfahren zur Prüfung der Modellannahmen beschrieben.

2.1 Studiendesign und Stichprobe

Die vorliegende Masterarbeit ist Teil einer querschnittlichen Befragungsstudie der Universität Wien, die den Zusammenhang zwischen Schlafparametern und muskuloskelettalen Gesundheitsmerkmalen bei älteren Erwachsenen untersucht (≥ 65 Jahre). Die Datenerhebung erfolgte als Online-Survey im Citizen-Science-Format, bei dem die teilnehmenden Personen die notwendigen Daten selbstständig anhand klarer Anleitungen erhoben und im digitalen Fragebogen eingaben. Die Wahl dieses Ansatzes ermöglichte eine niederschwellige Teilnahme sowie die Rekrutierung eines geografisch breit gestreuten Samples aus ganz Österreich. Das Vorgehen entsprach dem im Studienprotokoll beschriebenen Studiendesign.

Die Befragung wurde über die Online-Survey-Software UNIPARK (Tivian XI GmbH, München Deutschland) realisiert; zusätzlich wurden kurze Instruktionsvideos eingesetzt, um eine standardisierte Durchführung der Selbstmessungen zu unterstützen. Vor der Hauptdatenerhebung wurde ein Pilotdurchlauf durchgeführt, um die Umsetzbarkeit der Selbsttests zu evaluieren und Feedback der Teilnehmenden in die finale Version zu integrieren.

2.1.1 Teilnehmende, Rekrutierung und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterium war ein Mindestalter von 65 Jahren. Die Rekrutierung erfolgte vorwiegend über persönliche Kontakte der Studienbetreuenden und wurden potenzielle Teilnehmende im Rahmen von Vorträgen an der Arbeitsstelle direkt angesprochen und rekrutiert. An besagter Arbeitsstelle sind Menschen aus allen Bundesländern vertreten, somit konnte die Stichprobenauswahl konsistent mit dem Studienprotokoll unterstützt werden.

Personen mit medizinischen Einschränkungen, die das sichere Durchführen des 30-Sekunden-Chair-Stand-Tests verhinderten, wurden gemäß Studienprotokoll ebenso ausgeschlossen, wie Personen, die in den letzten vier Wochen vor der Studienteilnahme schlaffördernde Medikamente eingenommen hatten. War eines dieser Ausschlusskriterien gegeben, wurde die Person nicht zur Dateneingabe weitergeführt.

Die Teilnahme erfolgte freiwillig und anonym. Die Teilnehmenden bestätigten vor Beginn der Befragung ihr informiertes Einverständnis digital über die Plattform.

2.2 Erhebungsinstrumente

In den folgenden Abschnitten werden die in der vorliegenden Untersuchung eingesetzten Erhebungsinstrumente sowie die zentralen Variablen der Analyse beschrieben.

2.2.1 Schlafqualität

Zur Erfassung der subjektiven Schlafqualität wurde der *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI; Buysse et al., 1989) eingesetzt. Der PSQI erfasst die Schlafqualität der letzten vier Wochen anhand von sieben Komponenten: subjektive Schlafqualität, Einschlaf latenz, Schlafdauer, Schlaffeizienz, Schlafstörungen, Einnahme von Schlafmitteln sowie Tagesbeeinträchtigungen. Diese werden jeweils mit einem Bereich von 0-3 Punkten bewertet und ergeben in Summe einen globalen Gesamtwert, der zwischen 0-21 liegen kann. Ein PSQI-Gesamtwert > 5 wird als Hinweis auf schlechte Schlafqualität angesehen, dementsprechend weisen niedrigere Werte auf eine bessere Schlafqualität hin.

Für die vorliegende Studie wurde eine deutschsprachige Version des PSQI verwendet, die über das *MAPI Institute* als offizieller Kooperationspartner der University of Pittsburgh bereitgestellt wurde.

In den statistischen Analysen wurde der PSQI-Gesamtscore als Hauptprädiktor verwendet und in den Regressionsmodellen als kontinuierliche Variable berücksichtigt.

2.2.2 Körpergewicht und Körpergröße

Die Teilnehmenden gaben ihre Körpergröße in Zentimetern und ihr Körpergewicht in Kilogramm selbstständig an, wobei die Werte auf die nächste ganze Zahl aufgerundet werden sollten. Sie wurden instruiert, die Körpergröße ohne Schuhe und in aufrechter Körperhaltung zu erfassen sowie das Körpergewicht ohne Schuhe und in leichter Kleidung anzugeben. Sofern keine aktuelle Messung vorlag oder möglich war, wurden die Teilnehmenden gebeten, ihre zuletzt gemessenen Werte anzugeben.

Aus den Angaben wurde der Body-Mass-Index (BMI) in kg/m^2 berechnet. Für die statistischen Analysen wurde der BMI als kontinuierliche Variable berücksichtigt und als Moderator in die Regressionsmodelle aufgenommen. Zur Vorbereitung der Analysen wurde der BMI mean-zentriert.

2.2.3 Muskelfunktion (primärer Outcome)

Die objektive Muskelfunktion der unteren Extremitäten wurde mithilfe des 30-Sekunden-Chair-Stand-Tests erhoben (Jones et al., 1999). Bei diesem Verfahren stehen die Teilnehmenden innerhalb von 30 Sekunden so oft wie möglich von einem Stuhl auf und setzen sich wieder, wobei die Anzahl der durchgeführten Wiederholungen erfasst wird. Der Test wurde mit einem Stuhl ohne Armlehnen durchgeführt und die Durchführung erfolgte eigenständig anhand eines standardisierten Instruktionsvideos. Zusätzlich wurden dem Video Sicherheitsinstruktionen hinzugefügt, um das Verletzungsrisiko während des Tests zu minimieren.

Der 30-Sekunden-Chair-Stand-Test gilt als etabliertes Maß zur Beurteilung der Kraft der unteren Extremitäten sowie der funktionellen Leistungsfähigkeit im höheren Lebensalter (Jones et al., 1999).

Für die statistischen Analysen wurde die Anzahl der dokumentierten Wiederholungen als kontinuierlicher Outcome verwendet.

2.2.4 Risiko für Sarkopenie (sekundärer Outcome)

Als ergänzender subjektiver Indikator wurde der SARC-F-Fragebogen eingesetzt – ein etabliertes Erhebungsinstrument zur Erfassung sarkopeniebezogener funktioneller Einschränkungen beziehungsweise des Sarkopenierisikos (Malmstrom & Morley, 2013). Der Fragebogen erfasst subjektive, funktionelle Einschränkungen in fünf Bereichen: Kraft beim Heben, Gehfähigkeit, Aufstehen von einem Stuhl, Treppensteigen sowie Sturzhäufigkeit. Jedes dieser fünf Items kann mit 0 bis 2 Punkten bewertet werden (0 = beste, 2 =

schlechteste Ausprägung), sodass der Gesamtscore 0 bis 10 Punkte betragen kann, wobei höhere Werte auf ein erhöhtes Risiko für Sarkopenie hinweisen.

Für die vorliegende Studie wurde die deutschsprachige Version des SARC-F verwendet, die auf der validierten Übersetzung nach Drey et al. (2020) basiert.

Der SARC-F-Score wurde als sekundärer Outcome definiert und in separaten Regressionsmodellen analysiert, die demselben statistischen Vorgehen wie die Analysen des primären Outcomes (objektive Muskelfunktion) folgten.

2.2.5 Soziodemografische Variablen

Neben den beschriebenen Messinstrumenten wurden soziodemografische Angaben erhoben. Das Alter der Teilnehmenden wurde in Jahren erfasst, das Geschlecht per Selbstauskunft erfasst. Zusätzlich wurden Angaben zur Wohnsituation, zum Bildungsgrad und zum Raucherstatus erhoben. Alter und Geschlecht wurden in den statistischen Analysen als Kovariaten berücksichtigt.

2.3 Datenerhebung und -management

Die Dateneingabe erfolgte über UNIPARK (Tivian XI GmbH, München Deutschland). Nach Abschluss der Datenerhebung wurden die Daten in Excel exportiert und lokal auf einem geschützten Server der Universität gesichert. Für die statistische Analyse wurde der Datensatz nach Bereinigung in JASP (Version 0.95.4) importiert.

2.3.1 Datenbereinigung

Vor den statistischen Analysen wurde eine systematische Datenbereinigung durchgeführt. Nicht ausgefüllte Angaben der Teilnehmenden wurden als fehlende Werte behandelt. Die Handhabung dieser fehlenden Werte erfolgte analyseabhängig, sodass Fälle nur in jenen Analysen ausgeschlossen wurden, in denen für eine der jeweils berücksichtigten Variablen keine gültigen Angaben vorlagen.

Teilnehmende, die regelmäßig schlaffördernde Medikamente einnahmen oder relevante medizinische Einschränkungen berichteten, wurden im Zuge der Erhebung nicht zu den weiterführenden Fragen geleitet und standen daher für die entsprechenden Analysen nicht zur Verfügung.

2.3.2 Datenaufbereitung

Zur Vorbereitung der Regressionsanalysen wurden die kontinuierlichen Variablen Schlafqualität (PSQI) als Hauptprädiktor sowie der Body-Mass-Index (BMI) als Moderator meanzentriert. Auf Basis der zentrierten Variablen wurde ein Interaktionsterm zwischen Schlafqualität und BMI gebildet. Dieses Vorgehen diente dazu, die Interpretation der

Regressionskoeffizienten zu erleichtern und multikollineare Effekte in Modellen mit Interaktionstermen zu reduzieren. Die Variable für das Geschlecht wurde für die späteren Analysen der linearen Regressionen dummy-kodiert (0 = männlich, 1 = weiblich) und als Kovariate in die adjustierten Modelle der objektiven bzw. subjektiven Muskelfunktion als Outcome aufgenommen.

2.4 Statistische Analyse

In den folgenden Abschnitten werden die statistischen Verfahren dargestellt, die zur Auswertung der Daten und zur Prüfung der Hypothesen verwendet wurden.

2.4.1 Software

Alle Analysen wurden mit JASP 0.95.4 durchgeführt. Für alle statistischen Analysen wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ festgelegt.

2.4.2 Analyseplan

Der Analyseplan und die entsprechende statistische Auswertung basiert auf multiplen linearen Regressionsmodellen. Das Ziel dabei war die Prüfung der in Kapitel 1.6.1 formulierten Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Schlafqualität (PSQI) und Muskelfunktion (objektiv: 30-Sekunden-Chair-Stand-Test; subjektiv: SARC-F-Score) sowie zur potenziell moderierenden Rolle des BMI. Alter und Geschlecht wurden in den adjustierten Modellen als Kontrollvariablen berücksichtigt.

2.4.3 Deskriptive Auswertung

Zur Beschreibung der Stichprobe wurden Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minimum- und Maximumwerte der relevanten Variablen berechnet. Zusätzlich wurden Häufigkeiten ausgewählter soziodemografischer Merkmale wie Bildungsniveau, Raucherstatus, Wohn- und Lebenssituation tabellarisch dargestellt, um ein präziseres Bild der Stichprobe zu vermitteln. Diese Merkmale wurden ausschließlich deskriptiv ausgewertet und nicht in die Regressionsmodelle mitaufgenommen.

2.4.4 Korrelationsanalyse

Zur explorativen Untersuchung der bivariaten Zusammenhänge zwischen Schlafqualität (PSQI), objektiver Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test), subjektiver Muskelfunktion (SARC-F-Score) und Body-Mass-Index (BMI) wurden Pearson-Korrelationen berechnet.

2.4.5 Regressionsanalysen

Zur Vorbereitung der Regressionsanalysen wurden die Verteilungen der Variablen sowie die Linearität der Zusammenhänge visuell anhand von Histogrammen, Q-Q-Plots und

Scatterplots überprüft. Darüber hinaus wurden die Modellannahmen der linearen Regression geprüft, einschließlich der Normalverteilung der Residuen, der Homoskedastizität sowie der Multikollinearität der Prädiktoren, welche mit Hilfe der quantitativen Kennwerte Varianzinflationsfaktoren (VIF) und Toleranzwerte beurteilt wurden.

Zur Prüfung der Moderationshypothese wurde jeweils ein Interaktionsterm zwischen Schlafqualität und BMI berücksichtigt. Bei nicht signifikantem Interaktionseffekt wurde für die inhaltliche Interpretation der Haupteffekte das parsimonischere Modell ohne Interaktion herangezogen. Bei signifikantem Interaktionseffekt wurde das Modell mit Interaktion als maßgeblich interpretiert. Signifikante Interaktionseffekte sollten ergänzend durch eine Simple-Slope-Darstellung veranschaulicht werden.

Hauptanalyse: Hierarchische moderierte multiple lineare Regression (objektive Muskelfunktion)

Für die Hauptanalyse wurde eine hierarchische multiple lineare Regressionsanalyse mit objektiver Muskelfunktion als Outcome durchgeführt. Im ersten Modellschritt wurden Alter und Geschlecht als Kovariaten aufgenommen. Im zweiten Schritt wurden Schlafqualität (PSQI) und BMI ergänzt und im dritten Schritt wurde der Interaktionsterm aus Schlafqualität und BMI in das Modell aufgenommen.

Zusatzanalyse 1: Unadjustiertes Moderationsmodell (objektive Muskelfunktion)

Zur ergänzenden Einordnung der Ergebnisse der adjustierten Hauptanalyse wurde ein unadjustiertes Moderationsmodell berechnet. In dieses Modell wurden die Schlafqualität (PSQI), der BMI sowie der Interaktionsterm aus Schlafqualität und BMI als Prädiktoren der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) aufgenommen.

Diese Zusatzanalyse diente der Darstellung der unadjustierten Zusammenhänge sowie dem Vergleich mit der adjustierten Hauptanalyse.

Sekundärer Outcome: Hierarchische moderierte multiple lineare Regression (SARC-F-Score)

Analog zur Hauptanalyse wurde eine hierarchische multiple lineare Regressionsanalyse mit dem SARC-F-Score als sekundärem Outcome durchgeführt.

Im ersten Modellschritt wurden Alter und Geschlecht als Kovariaten in das Regressionsmodell aufgenommen. Im zweiten Schritt wurden Schlafqualität (PSQI) und BMI ergänzt und im dritten Modellschritt wurde ein Interaktionsterm aus Schlafqualität und BMI in das Modell aufgenommen. Die Vorgehensweise entsprach somit jener der Hauptanalyse.

Zusatzanalyse 2: Unadjustiertes Moderationsmodell (SARC-F-Score)

Ergänzend wurde ein unadjustiertes Moderationsmodell mit dem SARC-F-Score als abhängiger Variable berechnet. In dieses Modell wurden die Schlafqualität (PSQI), der BMI sowie der Interaktionsterm aus Schlafqualität und BMI aufgenommen.

Diese Zusatzanalyse diente einerseits der Darstellung der unadjustierten Zusammenhänge sowie dem Vergleich mit der adjustierten Hauptanalyse, andererseits der Vergleichbarkeit mit dem unadjustierten Modell der objektiven Muskelfunktion.

3 Ergebnisse

3.1 Stichprobe

Von insgesamt $N=226$ erfassten Datensätzen wurden 23 Teilnehmende auf Basis der im Studienprotokoll definierten Ausschlusskriterien von den Analysen ausgeschlossen. Ausschlussgründe waren medizinische Einschränkungen ($n=6$), die Einnahme schlaffördernder Medikamente ($n=14$) sowie ein Alter unter 65 Jahren ($n=3$). Das finale Analysesample umfasste somit $N=203$ ältere Erwachsene – dies entspricht 90% der Rohstichprobe. Die Selektion der Stichprobe von der Rohstichprobe bis zum finalen Analysesample ist in Abbildung 1 dargestellt.

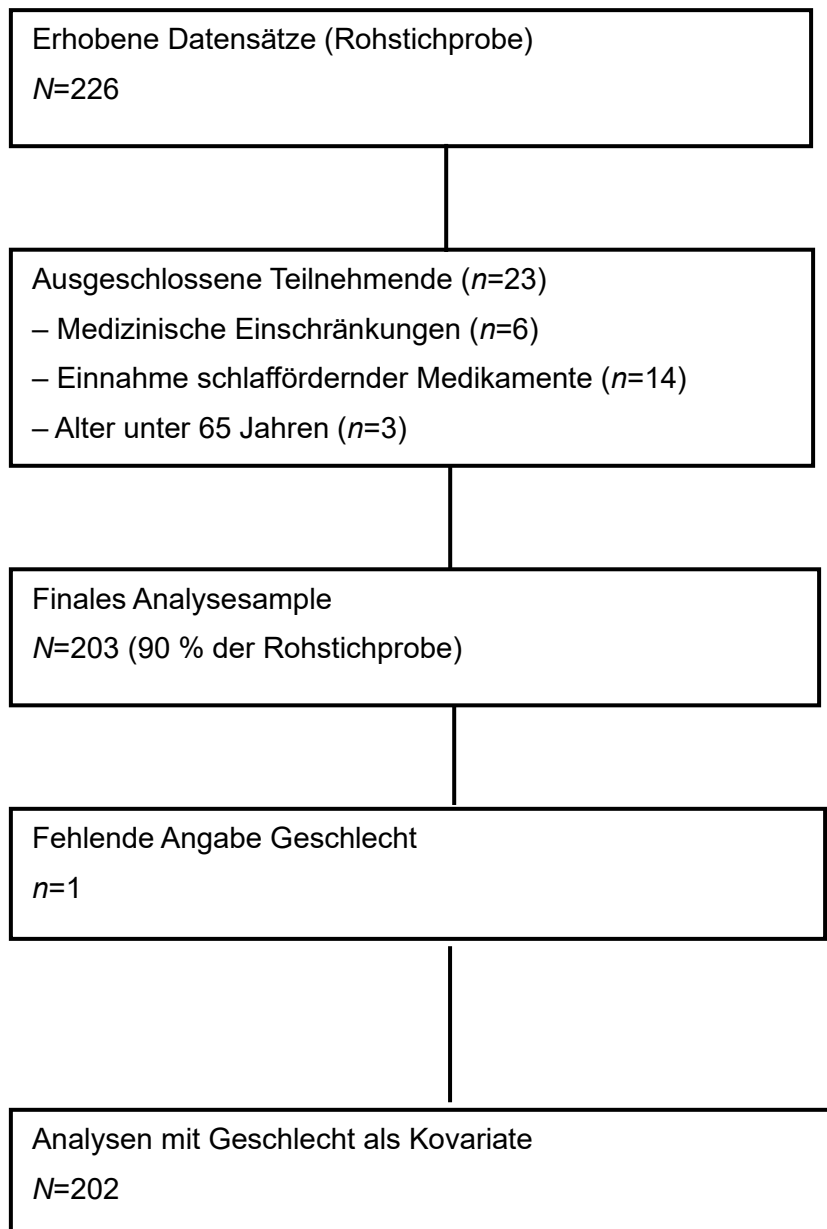


Abbildung 1: Flussdiagramm der Studienpopulation

Anmerkung. Medizinische Einschränkungen beziehen sich auf selbstberichtete gesundheitliche Bedingungen, die eine sichere Durchführung der motorischen Tests beeinträchtigen konnten. Schlaffördernde Medikamente umfassen regelmäßig eingenommene medikamentöse Schlafhilfen in den vier Wochen vor Studienteilnahme. Das Einschlusskriterium Alter ≥ 65 Jahre wurde gemäß Studienprotokoll angewendet.

3.1.1 Soziodemografische Merkmale

Weitere soziodemografische Merkmale der Stichprobe, darunter das Geschlecht, das Bildungsniveau, der Raucherstatus, die Wohnsituation und die Lebenssituation sind in den Tabellen 1-5 dargestellt.

Die Stichprobe setzte sich aus 52,5 % Männern und 47,5 % Frauen zusammen. Bei einer Person lag keine Angabe zum Geschlecht vor. Analysen unter Einbezug der Kovariate Geschlecht basieren daher auf $N=202$ Fällen.

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts der Stichprobe

Geschlecht	n	%
Männlich	106	52,5
Weiblich	96	47,5
Gesamt (gültig)	202	100,0

Anmerkung. Bei einer Person lag keine Angabe zum Geschlecht vor. Prozentangaben beziehen sich auf gültige Fälle ($N=202$).

Bezüglich des Bildungsniveaus verfügte knapp die Hälfte der Teilnehmenden über einen Universitätsabschluss (46,3 %), gefolgt von einem Schulabschluss mit Matura (22,2 %) und einem Fachhochschulstudium (13,8 %). Weitere Bildungsabschlüsse waren Lehre (11,8 %) sowie Schule ohne Matura (5,4 %). Ein Pflichtschulabschluss wurde von 0,5 % der Teilnehmenden angegeben (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Bildungsniveau der Stichprobe ($N=203$)

Bildungsabschluss	n	%
Pflichtschule	1	0,5
Lehre	24	11,8
Schule ohne Matura (z. B. Handelsschule)	11	5,4
Schule mit Matura (z. B. HTL)	45	22,2
Fachhochschulstudium	28	13,8
Universitätsstudium	94	46,3
Gesamt	203	100,0

Anmerkung. Angegeben sind absolute Häufigkeiten (n) und gültige Prozentwerte. Die Kategorie kein Schulabschluss war in der vorliegenden Stichprobe nicht vertreten.

Der Raucherstatus der Teilnehmenden ist in Tabelle 3 dargestellt. Ein knappes Drittel der Stichprobe gab an, aktuell regelmäßig zu rauchen, während ein etwas geringfügigerer Anteil angab, nie regelmäßig geraucht zu haben. Ehemalige Raucher (38,4%) waren in der Stichprobe am stärksten repräsentiert.

Tabelle 3: *Raucherstatus der Stichprobe (N=203)*

Raucherstatus	n	%
Aktuell rauchend	64	31,5
Ehemalig rauchend	78	38,4
Nie geraucht	61	30,0
Gesamt	203	100,0

Anmerkung. Im Rahmen der Datenerhebung wurde als regelmäßiges Rauchen der Konsum von mehr als einer Zigarette pro Woche definiert. Die Prozentangaben beziehen sich auf gültige Fälle (N=203).

Die Angaben zur Wohnsituation der Teilnehmenden sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: *Wohnsituation der Stichprobe (N=203)*

Wohnsituation	n	%
Mietwohnung	47	23,2
Eigentumswohnung	55	27,1
Einfamilien-/Reihenhaus	54	26,6
Wohngemeinschaft	3	1,5
Einrichtung für ältere Menschen / Pensionistinnen	41	20,2
Sonstige Wohnform	3	1,5

Anmerkung. Mehrfachnennungen waren möglich; die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtstichprobe (N=203). Freitextangaben zur Kategorie Sonstige Wohnform wurden inhaltlich geprüft und bestehenden Kategorien zugeordnet.

Die Lebenssituation der Teilnehmenden ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Lebenssituation der Stichprobe (N=203)

Lebenssituation	n	%
Alleinlebend	57	28,1
Mit PartnerIn	89	43,8
Mit Kind / Kindern	6	3,0
Mit MitbewohnerInnen	24	11,8
Mit Eltern / einem Elternteil	0	0,0
Betreute Lebenssituation	32	15,8
Sonstige Lebenssituation	20	9,9

Anmerkung. Mehrfachnennungen waren möglich; die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtstichprobe (N=203). Freitextangaben zur Kategorie Sonstige Lebenssituation wurden inhaltlich geprüft und bestehenden Kategorien zugeordnet.

3.1.2 Deskriptive Statistik der Hauptvariablen

Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden betrug $M = 74,0$ Jahre ($SD = 8,3$; Spannweite 65–100 Jahre). Der mittlere BMI lag bei $M = 26,0$ kg/m² ($SD = 3,4$; Spannweite 17,9–38,5). Der durchschnittliche PSQI-Gesamtscore lag bei $M = 6,5$ Punkten ($SD = 3,2$; Spannweite 0–16). Die objektive Muskelfunktion, erfasst mittels 30-Sekunden-Chair-Stand-Test, betrug im Mittel $M = 9,4$ Wiederholungen ($SD = 4,1$; Spannweite 0–30). Der SARC-F-Score betrug im Mittel $M = 2,1$ Punkte ($SD = 2,3$; Spannweite 0–10). Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der Hauptvariablen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Deskriptive Statistiken der untersuchten Variablen (N=203)

Variable	M	SD	Min	Max
Alter (Jahre)	74,0	8,3	65	100
Body-Mass-Index (kg/m ²)	26,0	3,4	17,9	38,5
Schlafqualität (PSQI-Score 0- 21)	6,5	3,2	0	16
Objektive Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test, Wiederholungen)	9,4	4,1	0	30
Subjektive Muskelfunktion (SARC-F-Score 0-10)	2,1	2,3	0	10

Anmerkung. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index (höhere Werte weisen auf eine schlechtere Schlafqualität hin). SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs und Falls (höhere Werte weisen auf ein erhöhtes Sarkopenierisiko hin).

Die Verteilung der BMI-Werte in der Stichprobe ist in Abbildung 2 dargestellt.

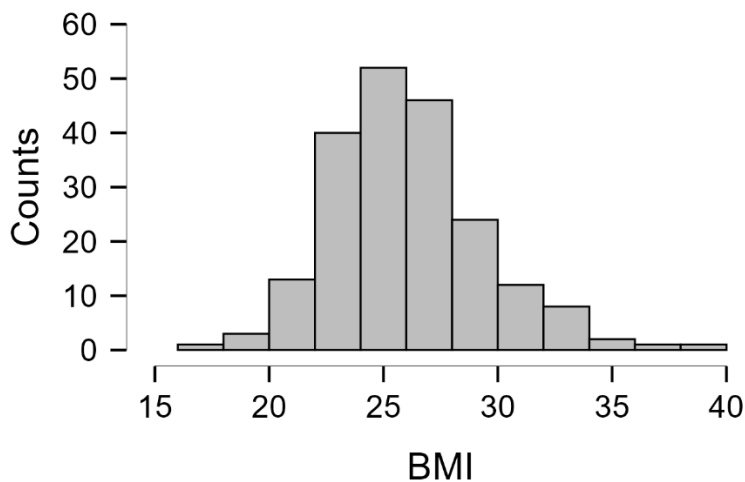


Abbildung 2: Verteilung des Body-Mass-Index in der Gesamtstichprobe (N=203)

3.2 Korrelationsanalysen

Eine schlechtere Schlafqualität war signifikant mit einer geringeren objektiven Muskelfunktion assoziiert ($r = -,37, p < ,001$). Darüber hinaus zeigte sich ein deutlicher positiver Zusammenhang zwischen subjektiv eingeschränkter Muskelfunktion (SARC-F-Score) und schlechterer Schlafqualität ($r = ,42, p < ,001$).

Das Alter korrelierte signifikant sowohl mit der objektiven Muskelfunktion ($r = -,54, p < ,001$) als auch mit dem SARC-F-Score ($r = ,73, p < ,001$) und der Schlafqualität ($r = ,28, p < ,001$). Zudem bestand ein starker negativer Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Muskelfunktion ($r = -,62, p < ,001$).

Für den Body-Mass-Index zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge mit Schlafqualität, Alter sowie objektiver und subjektiver Muskelfunktion (alle $p \geq ,138$; siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Pearson-Korrelationen zwischen Schlafqualität, Body-Mass-Index, Alter und objektiver bzw. subjektiver Muskelfunktion (N=203)

Variable	1	2	3	4	5
Schlafqualität (PSQI-Score 0- 21)	—				
Alter (Jahre)	,28 ($p < ,001$)	—			
Body-Mass-Index (kg/m ²)	-,09 ($p = ,204$)	-,07 ($p = ,324$)	—		
Objektive Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test, Wiederholungen)	-,37 ($p < ,001$)	-,54 ($p < ,001$)	,09 ($p = ,191$)	—	
Subjektive Muskelfunktion (SARC-F-Score 0-10)	,42 ($p < ,001$)	,73 ($p < ,001$)	-,10 ($p = ,138$)	-,62 ($p < ,001$)	—

Anmerkung. Angegeben sind Pearson-Korrelationskoeffizienten (r) mit exakten zweiseitigen p -Werten in Klammern.

1 = Schlafqualität (PSQI-Gesamtscore; höhere Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität)

2 = Alter in Jahren

3 = Body-Mass-Index (kg/m²)

4 = Objektive Muskelfunktion (Anzahl der Wiederholungen im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test; höhere Werte entsprechen einer besseren Muskelfunktion)

5 = Subjektive Muskelfunktion (SARC-F-Score; höhere Werte weisen auf ein erhöhtes Sarkopenierisiko hin). PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index. SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs und Falls.

Die bivariaten Korrelationsanalysen zeigten signifikante Zusammenhänge zwischen Schlafqualität, objektiver und subjektiver Muskelfunktion sowie dem Alter. Anschließend wurden die Regressionsanalysen berichtet.

3.3 Lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion

Das Basismodell (M_1) mit Alter und Geschlecht erklärte einen signifikanten Anteil der Varianz der objektiven Muskelfunktion, $R^2 = ,32$, adj. $R^2 = ,31$, $F(2, 199) = 45,73$, $p < ,001$. Die Aufnahme von Schlafqualität und BMI (M_2) führte zu einer signifikanten zusätzlichen Varianzaufklärung ($\Delta R^2 = ,06$, $p < ,001$), wobei das Modell insgesamt signifikant blieb, $R^2 = ,37$, adj. $R^2 = ,36$, $F(4, 197) = 28,89$, $p < ,001$. Die Ergänzung des Interaktionsterms aus Schlafqualität und BMI führte zu keiner weiteren signifikanten Erklärung der objektiven Muskelfunktion ($\Delta R^2 = ,01$, $p = ,169$). Der Interaktionseffekt war somit nicht signifikant, sodass H2 nicht bestätigt wurde. Für die inhaltliche Interpretation der Haupteffekte wurde daher das parsimonischere Modell 2 herangezogen. Die Ergebnisse der Modellgüte sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Modellgüte der multiplen linearen Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) ($N=202$)

Modell	R^2	adj. R^2	RMSE	ΔR^2	F(df1, df2)	p
M_1	,32	,31	3,36	,32	45,73 (2, 199)	< ,001
M_2	,37	,36	3,24	,06	28,89 (4, 197)	< ,001
M_3	,38	,36	3,24	,01	23,60 (5, 196)	< ,001

Anmerkung.

M_1 = Alter und Geschlecht.

M_2 = Alter, Geschlecht, Schlafqualität (PSQI, zentriert) und Body-Mass-Index (BMI, zentriert).

M_3 = Alter, Geschlecht, Schlafqualität, BMI und Interaktion Schlafqualität $\times$ BMI.

PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index (höhere Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität). RMSE = Root Mean Square Error.

In Modell 2 erwiesen sich höheres Alter ($\beta = -,49$, $t = -8,28$, $p < ,001$) sowie eine schlechtere Schlafqualität ($\beta = -,24$, $t = -4,11$, $p < ,001$) als signifikante Prädiktoren einer geringeren objektiven Muskelfunktion. Geschlecht ($\beta = -,07$, $t = -1,27$, $p = ,205$) und BMI ($\beta = ,02$, $t = 0,26$, $p = ,798$) zeigten keinen signifikanten Zusammenhang mit der objektiven Muskelfunktion. Die Ergebnisse von Modell 2 sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Multiple lineare Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) (N=202)

Prädiktor	B	SE	β	t	p
Alter (Jahre)	-0,24	0,03	-,49	-8,28	< ,001
Geschlecht (m/w)	-0,59	0,46	-,07	-1,27	,205
Schlafqualität (PSQI-Score, zentriert)	-0,31	0,08	-,24	-4,11	< ,001
Body-Mass-Index (kg/m ² , zentriert)	0,02	0,07	,02	0,26	,798

Anmerkung. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index (höhere Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität). Geschlecht dummy-kodiert (0 = männlich, 1 = weiblich).

Die Prüfung der Modellannahmen ergab keine Hinweise auf problematische Multikollinearität ($VIF < 1,20$). Die Residuen zeigten insgesamt eine angemessene Verteilung; grafische Diagnostiken (Residuals vs. Predicted Plot, Histogramm der standardisierten Residuen, Q-Q Plot) deuteten auf keine gravierenden Verletzungen der Annahmen der linearen Regression hin. Zwei potenziell einflussreiche Fälle wurden identifiziert, deren Einfluss jedoch im Gesamtkontext des Modells als gering eingeschätzt wurde.

3.3.1 Zusatzanalyse: Unadjustierte Moderationsanalyse zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion

Das Gesamtmodell war statistisch signifikant, $F(3, 199) = 12,87, p < ,001$, und erklärte einen Anteil der Varianz der objektiven Muskelfunktion ($R^2 = ,16$, adj. $R^2 = ,15$) (siehe Tabelle 10).

Auf Haupteffektebene zeigte sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen Schlafqualität und objektiver Muskelfunktion ($B = -0,48, SE = 0,08, t = -5,69, p < ,001$). Der BMI war kein signifikanter Prädiktor der objektiven Muskelfunktion ($B = 0,14, SE = 0,08, t = 1,61, p = ,110$). Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Darüber hinaus war der Interaktionsterm zwischen Schlafqualität und BMI statistisch signifikant ($B = 0,05, SE = 0,03, t = 2,17, p = ,031$), was auf eine Moderation des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und objektiver Muskelfunktion durch den BMI hinweist.

Tabelle 10: Lineare Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) (N=203)

Prädiktor	B	SE	β	t	p
Schlafqualität (PSQI-Score, zentriert)	-0,48	0,08	-,37	-5,69	< ,001
Body-Mass-Index (kg/m ² , zentriert)	0,14	0,08	,11	1,61	,110
PSQI × BMI	0,05	0,03	,15	2,17	,031

Modellgüte: $R^2 = ,16$, adj. $R^2 = ,15$, $RMSE = 3,75$, $F(3, 199) = 12,87$, $p < ,001$

Anmerkung. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index (höhere Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität). RMSE = Root Mean Square Error

Zur Veranschaulichung dieses Interaktionseffekts wurde eine Simple-Slope-Analyse durchgeführt (vgl. Abbildung 3).

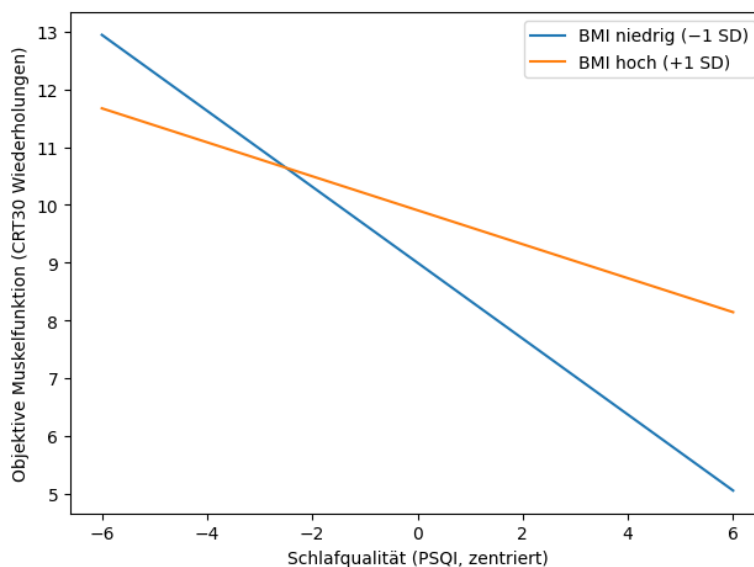


Abbildung 3: Simple-Slope-Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität (PSQI Score) und objektiver Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) in Abhängigkeit vom Body-Mass-Index (± 1 SD).

Anmerkung. Die Grafik zeigt die vorhergesagte Anzahl an Wiederholungen im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test in Abhängigkeit von der Schlafqualität bei niedrigen und hohen Ausprägungen des Body-Mass-Index. Niedrige und hohe BMI-Ausprägungen entsprechen in

der Darstellung einem BMI von 22,6 kg/m² (-1 SD) bzw. 29,4 kg/m² (+1 SD). Höhere PSQI-Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität.

Die Modellannahmen entsprachen jenen der Hauptanalysen und zeigten keine Auffälligkeiten. Es konnten keine einflussreichen Fälle identifiziert werden.

3.4 Lineare Regressionsanalyse zur Vorhersage des SARC-F-Scores

Das Basismodell (M_1) war statistisch signifikant, $F(2, 199) = 116,15$, $p < ,001$, und erklärte einen substantiellen Anteil der Varianz des SARC-F-Scores ($R^2 = ,54$, adj. $R^2 = ,53$). Die Erweiterung um Schlafqualität und BMI (M_2) führte zu einer signifikanten zusätzlichen Varianzaufklärung ($\Delta R^2 = ,05$), $F(4, 197) = 70,53$, $p < ,001$. Die Aufnahme des Interaktionsterms (M_3) führte zu keiner weiteren Erhöhung der erklärten Varianz ($\Delta R^2 < ,01$). Auch der Interaktionsterm zwischen Schlafqualität und BMI war nicht signifikant ($\beta = -,01$, $t = -0,13$, $p = ,899$), sodass H2 nicht bestätigt wurde. Modell M_3 blieb jedoch insgesamt signifikant $F(5, 196) = 56,15$, $p < ,001$ ($R^2 = ,59$, adj. $R^2 = ,58$). Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt. Für die inhaltliche Interpretation der Haupteffekte wurde daher das parsimonischere Modell 2 herangezogen.

Tabelle 11: Modellgüte der multiplen linearen Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=202)

Modell	R ²	adj. R ²	RMSE	ΔR^2	F(df1, df2)	p
M ₁	,54	,53	1,57	,54	116,15 (2, 199)	< ,001
M ₂	,59	,58	1,49	,05	70,53 (4, 197)	< ,001
M ₃	,59	,58	1,49	< ,01	56,15 (5, 196)	< ,001

Anmerkung.

M₁ = Alter und Geschlecht.

M₂ = Alter, Geschlecht, Schlafqualität (PSQI, zentriert) und Body-Mass-Index (BMI, zentriert).

M₃ = Alter, Geschlecht, Schlafqualität, BMI und Interaktion Schlafqualität × BMI.

Höhere PSQI- und SARC-F-Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität bzw. geringeren subjektiven Muskelfunktion. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index. SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs und Falls. RMSE = Root Mean Square Error.

In Modell 2 zeigte sich für das Alter ein signifikanter positiver Zusammenhang mit dem SARC-F-Score ($\beta = ,67$, $t = 13,97$, $p < ,001$). Auch die Schlafqualität war ein signifikanter Prädiktor ($\beta = ,23$, $t = 4,80$, $p < ,001$). Für Geschlecht ($\beta = ,05$, $t = 0,98$, $p = ,330$) und BMI ($\beta = -,03$, $t = -0,71$, $p = ,480$) ergaben sich keine signifikanten Effekte. Die Ergebnisse von Modell 2 sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Multiple lineare Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=202)

Prädiktor	B	SE	β	t	p
Alter (Jahre)	0,19	0,01	,67	13,97	< ,001
Geschlecht (m/w)	0,21	0,21	,05	0,98	,330
Schlafqualität (PSQI-Score, zentriert)	0,17	0,04	,23	4,80	< ,001
Body-Mass-Index (kg/m ² , zentriert)	-0,02	0,03	-,03	-0,71	,480

Anmerkung. Höhere PSQI- und SARC-F-Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität bzw. geringeren subjektiven Muskelfunktion. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index. SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs und Falls. Geschlecht dummy-kodiert (0 = männlich, 1 = weiblich).

Die Prüfung der Modellannahmen ergab keine Hinweise auf problematische Multikollinearität (alle VIF < 2). Es wurden keine einflussreichen Fälle identifiziert. Die Residualdiagnostik (Residuals vs. Predicted Plot, Histogramm der standardisierten Residuen, Q-Q Plot) deutete auf eine hinreichende Annäherung an die Annahmen der Linearität, Normalverteilung der Residuen und Varianzhomogenität hin.

3.4.1 Zusatzanalyse: Unadjustierte Moderationsanalyse zur Vorhersage des SARC-F-Scores

Das Gesamtmodell war statistisch signifikant, $F(3, 199) = 15,74$, $p < ,001$, und erklärte einen signifikanten Anteil der Varianz des SARC-F-Scores ($R^2 = ,19$, adj. $R^2 = ,18$) (siehe Tabelle 13)

Eine schlechtere Schlafqualität war signifikant mit höheren SARC-F-Werten assoziiert ($B = 0,30$, $SE = 0,05$, $t = 6,53$, $p < ,001$). Der BMI zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit dem SARC-F-Score ($B = -0,07$, $SE = 0,05$, $t = -1,51$, $p = ,133$). Der Interaktionseffekt zwischen Schlafqualität und BMI zeigte keinen signifikanten Zusammenhang ($B = -0,02$, $SE = 0,01$, $t = -1,52$, $p = ,130$), sodass H2 nicht bestätigt wurde (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Lineare Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=203)

Prädiktor	B	SE	β	t	p
Schlafqualität (PSQI-Score; zentriert)	0,30	0,05	,42	6,53	< ,001
Body-Mass- Index (kg/m ² zentriert)	-0,07	0,05	-,10	-1,51	,133
PSQI × BMI	-0,02	0,01	-,10	-1,52	,130

Modellgüte: $R^2 = ,19$, adj. $R^2 = ,18$, $RMSE = 2,08$, $F(3, 199) = 15,74$, $p < ,001$.

Anmerkung. Höhere PSQI- und SARC-F-Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität bzw. geringeren subjektiven Muskelfunktion. PSQI = Pittsburgh Sleep Quality Index. SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs und Falls. RMSE = Root Mean Square Error.

Die Modellannahmen entsprachen jenen der Hauptanalysen und zeigten keine Auffälligkeiten (alle VIF $\leq 1,15$). Es konnten keine einflussreichen Fälle identifiziert werden.

3.5 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

Die Hypothese eines Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion konnte somit bestätigt werden. Eine geringere Schlafqualität korrelierte sowohl mit einer reduzierten objektiven Muskelfunktion als auch mit verstärkten subjektiv berichteten Muskelfunktionseinschränkungen. Die Ergebnisse der adjustierten Modelle zur objektiven und subjektiven Muskelfunktion sind in Abbildung 4 gespiegelt dargestellt.

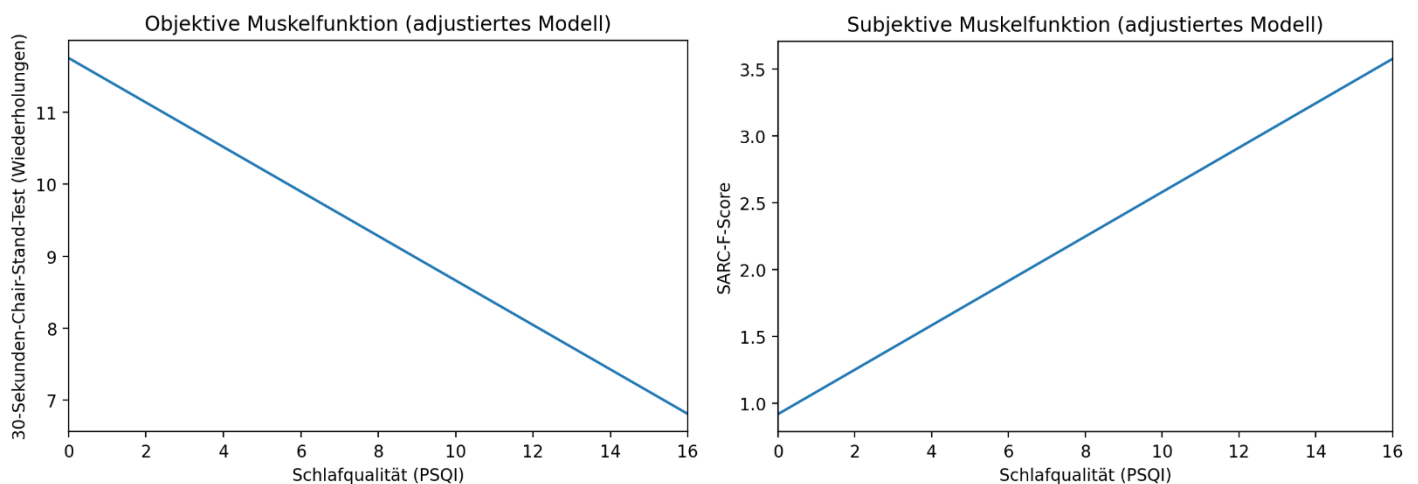


Abbildung 4: Vorhergesagte Werte der objektiven und subjektiven Muskelfunktion in Abhängigkeit von der Schlafqualität (PSQI) auf Basis der adjustierten Regressionsmodelle.

Anmerkung. Dargestellt sind die modellbasierten Vorhersagen der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) sowie des SARC-F-Scores (subjektive Muskelfunktion) in Abhängigkeit von der Schlafqualität (PSQI). Auf der x-Achse sind die nicht zentrierten PSQI-Werte im beobachteten Bereich von 0 bis 16 dargestellt. Alter wurde auf 74 Jahre, der Body-Mass-Index auf den Mittelwert der Stichprobe (zentrierter BMI = 0) und Geschlecht auf 0 (männlich) fixiert. Höhere PSQI-Werte entsprechen einer schlechteren Schlafqualität. Höhere SARC-F-Werte entsprechen stärkeren subjektiv berichteten funktionellen Einschränkungen.

Die Hypothese eines moderierenden Effekts des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion durch den BMI konnte in den adjustierten Modellen nicht bestätigt werden. Im unadjustierten Modell der objektiven Muskelfunktion zeigte sich zwar ein signifikanter Interaktionseffekt, dieser verlor jedoch nach Adjustierung für Alter und Geschlecht seine statistische Signifikanz. Des Weiteren wurden keine signifikanten Haupteffekte des BMI auf die objektive oder subjektive Muskelfunktion festgestellt.

In Übereinstimmung mit der Hypothese zu altersbezogenen Effekten erwies sich Alter in allen adjustierten Modellen als signifikanter Prädiktor der Muskelfunktion, während für das Geschlecht kein signifikanter Beitrag zur Varianzaufklärung festgestellt werden konnte.

4 Diskussion

Das Ziel dieser Masterarbeit war es, den Zusammenhang zwischen subjektiver Schlafqualität, erfasst über den PSQI, und Muskelfunktion bei älteren Erwachsenen (≥ 65 Jahre) zu untersuchen. Die Muskelfunktion wurde dabei über zwei Zugänge erfasst. Einerseits über ein objektives leistungsbezogenes Maß der unteren Extremität (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) und andererseits über den SARC-F-Score als subjektiven Indikator sarkopeniebezogener funktioneller Einschränkungen (Jones et al., 1999; Malmstrom & Morley, 2013). Darüber hinaus wurde geprüft, ob der BMI den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion moderiert und welche Rolle Alter und Geschlecht als relevante Kontextfaktoren dabei spielen.

4.1 Schlafqualität und objektive Muskelfunktion (H1a)

4.1.1 Interpretation des Befundes und Einordnung der Effektstärke

Die Analysen stützen die Annahme (H1a), dass eine beeinträchtigte subjektive Schlafqualität (hoher PSQI-Wert) mit einer schwächeren objektiven Muskelfunktion einhergeht. In der hierarchischen Regression zur Vorhersage der Chair-Stand-Leistung erwies sich die

Schlafqualität in Modell 2 als signifikanter Prädiktor für eine geringere Anzahl an Wiederholungen ($\beta = -.24, p < .001$). Dieser Zusammenhang blieb auch nach Kontrolle von Alter und Geschlecht bestehen.

Erwartungsgemäß korrelierte das Alter in dieser Stichprobe stark mit der Leistung im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test ($r = -.54, p < .001$) und erklärte bereits im Basismodell einen Varianzanteil von 32% ($R^2 = .32$). Aufschlussreich dabei ist jedoch, dass sich durch den zweiten Modellschritt eine signifikante zusätzliche Varianzaufklärung ergab ($\Delta R^2 = .06, p < .001$). Während die Schlafqualität innerhalb dieses Modellschritts einen eigenständigen Erklärungsbeitrag leistete ($\beta = -.24, p < .001$), zeigte sich für den BMI jedoch kein signifikanter Effekt ($p = .798$).

Auch die bivariate Analyse bestätigt dieses Bild: Ein moderat negativer Zusammenhang ($r = -.37, p < .001$) verdeutlicht, dass höhere Werte im PSQI-Score mit weniger Wiederholungen im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test einhergingen.

4.1.2 Einordnung im Kontext der bisherigen Literatur

Die Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit der aktuellen Studienlage, die einen Zusammenhang zwischen schlechtem Schlaf und einer reduzierten körperlichen Leistungsfähigkeit im höheren Alter feststellt. Vor allem wird in der Literatur häufig berichtet, dass schlechte subjektive Schlafqualität mit verringerter Muskelkraft und zunehmenden funktionellen Einschränkungen assoziiert ist (Denison et al., 2021; Li et al., 2023). Auch wenn die verwendeten Zielmaße zwischen den Studien variieren, unterstreicht die Gesamtheit der Befunde, dass der Schlaf ein wesentlicher Aspekt für die Funktionalität im Alter ist. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass sich eine Vergleichbarkeit zwischen den Studien auch deshalb schwierig gestaltet, weil die Muskelfunktion in der Forschung unterschiedlich operationalisiert wird. Während viele Untersuchungen lediglich die Handkraft als isoliertes Maß für die Maximalkraft heranziehen, setzen andere wiederum auf kombinierte Testbatterien.

Für die Studie in dieser Arbeit wurde mit dem 30-Sekunden-Chair-Stand-Test ein Verfahren gewählt, das die Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten in einer realen, alltagsnahen Bewegung prüft. Das ist vor allem deshalb so wichtig, weil gerade die Kraft in den Beinen darüber entscheidet, ob ältere Menschen sicher aufstehen und im Alltag mobil bleiben können (Rikli & Jones, 1999; Cruz-Jentoft et al., 2019).

Da hier keine isolierte Muskelkraft unter Laborbedingungen gemessen wurde, sondern eine funktionelle Leistung der unteren Extremitäten, die für Mobilität und Selbstständigkeit im höheren Lebensalter von zentraler Bedeutung ist, erscheint der nachgewiesene Zusammenhang im Chair-Stand-Test als besonders aussagekräftig.

4.1.3 Mögliche Erklärungsansätze für den Zusammenhang

Ein möglicher Erklärungsansatz für die beobachteten Effekte liegt in der Bedeutung des Schlafs für Regeneration und den damit verbundenen anabolen Prozessen. Eine experimentelle Studie von Lamon et al. (2021) konnte die Folgen von akutem Schlafentzug nachweisen, die sich durch eine ungünstige hormonelle und metabolische Konstellation äußerten. Die Autoren berichteten, dass bereits eine Nacht vollständigen Schlafentzugs mit einer reduzierten Muskelproteinsynthese bei gleichzeitigem Anstieg von Cortisol sowie einer Abnahme anaboler Hormone wie Testosteron einherging. Diese zunächst vorübergehende katabole Stoffwechsellaage kann bei chronisch schlechtem Schlaf jedoch langfristig funktionelle Beeinträchtigungen – insbesondere auf das Muskelprotein – nach sich ziehen. Aufgrund von geringeren regenerativen Reserven älterer Mensch kann sich dieser Prozess daher nachhaltig negativ auf die Muskelfunktion auswirken (Lamon et al., 2021).

Ein Erklärungsansatz dieses Zusammenhangs, der sich ausschließlich auf den Muskelproteinstoffwechsel bezieht, erweist sich jedoch als unzureichend, da die Leistung im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test nicht allein von muskulären Aufbau- oder Abbauprozessen abhängt. Die Ergebnisse des Tests werden zusätzlich auch von der Kraftausdauer der unteren Extremitäten, der neuromuskulären Koordination, der posturalen Kontrolle und der allgemeinen funktionellen Leistungsfähigkeit beeinflusst. In diesem Zusammenhang betonen Morrison et al. (2022), dass Schlaf und zirkadiane Rhythmik in vielfältiger Weise mit dem Skelettmuskel und dessen Funktion verknüpft sind. Des Weiteren wurde von Dam et al. (2008) bei älteren Männern ein Zusammenhang zwischen Schlaf und einer ungünstigeren physischen Funktion festgestellt. Auch Buchmann et al. (2016) verweisen darauf, dass Schlaf bei älteren Menschen nicht nur mit der Muskelmasse, sondern auch mit der Muskelfunktion in Verbindung steht. Schlechter Schlaf kann diese Leistungsbereiche somit über mehrere Wege beeinträchtigen, wie aus der bestehenden Evidenzlage hervorgeht.

Zusätzlich werden inflammatorische Prozesse als möglicher Erklärungsansatz für den beobachteten Zusammenhang diskutiert. Während schlechter Schlaf mit erhöhten Entzündungswerten in Verbindung gebracht wird, werden chronisch niedriggradige Entzündungsprozesse als wesentlicher Faktor für den altersbedingten Abbau körperlicher Funktionsfähigkeit beschrieben. Irwin et al. (2016) konnten in ihrer Arbeit zeigen, dass Schlafstörungen beziehungsweise Schlafentzug entzündliche Prozesse aktivieren und so zentrale Regulationsmechanismen des Körpers beeinflussen können. Mullington (2010) konnte ebenfalls darlegen, dass eine beeinträchtigte Schlafqualität und akuter Schlafverlust mit inflammatorischen Prozessen zusammenhängen. Im fortgeschrittenen Alter könnten sich diese Vorgänge zusätzlich verstärken und dadurch indirekt die Muskelqualität und körperliche Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen.

Neben biologischen Faktoren kann zusätzlich das Aktivitätsverhalten den Zusammenhang beeinflussen. Schlechter Schlaf geht häufiger mit erhöhter Tagesmüdigkeit, einer geringeren Belastbarkeit und möglicherweise fehlender Motivation für körperliche Aktivität einher, wodurch Trainingsreize ganz ausbleiben oder vermieden werden. Langfristig könnte sich eine verringerte Alltagsaktivität wiederum ungünstig auf die Kraft- und Funktionsfähigkeit auswirken (Stone & Xiao, 2018). Schlechter Schlaf fungiert in dieser Hinsicht somit als Barriere, die ein aktives und funktionserhaltendes Altern erschwert.

4.2 Schlafqualität und subjektive Muskelfunktion (H1b)

4.2.1 Interpretation des Befundes und Einordnung der Effektstärke

Die Analysen stützen auch die Annahme (H1b), dass eine beeinträchtigte subjektive Schlafqualität (hoher PSQI-Wert) mit stärkeren subjektiv berichteten funktionellen Einschränkungen einhergeht. In der hierarchischen Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores erwies sich die Schlafqualität in Modell 2 als signifikanter Prädiktor ($\beta = .23, p < .001$), sodass höhere PSQI-Werte mit höheren SARC-F-Werten und damit mit stärkeren subjektiv berichteten funktionellen Einschränkungen assoziiert waren. Auch dieser Zusammenhang konnte nach Kontrolle von Alter und Geschlecht bestätigt werden. Erwartungsgemäß leistete das Alter in dieser Stichprobe einen sehr starken Beitrag zur Varianzaufklärung des SARC-F-Scores und erklärte bereits im Basismodell einen hohen Anteil von 54% der Varianz ($R^2 = .54$). Aufschlussreich ist jedoch, dass sich durch den zweiten Modellschritt eine signifikante zusätzliche Varianzaufklärung ergab ($\Delta R^2 = .05, p < .001$). Während die Schlafqualität innerhalb dieses Modellschritts einen eigenständigen Erklärungsbeitrag leistete ($\beta = .23, p < .001$), zeigte sich für den BMI wiederum kein signifikanter Effekt ($p = .480$). Auch die bivariate Analyse bestätigt dieses Bild: Ein moderat positiver Zusammenhang ($r = .42, p < .001$) verdeutlicht, dass höhere Werte im PSQI-Score mit höheren SARC-F-Werten einhergingen.

4.2.2 Einordnung im Kontext der bisherigen Literatur

Die Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit der bisherigen Forschung, die Zusammenhänge zwischen Schlaf und sarkopeniebezogenen beziehungsweise funktionellen Einschränkungen im höheren Alter beschreibt. So zeigt eine systematische Übersichtsarbeit mit Meta-Analyse, dass inadäquater Schlaf bei älteren Erwachsenen mit einer höheren Prävalenz von Sarkopenie assoziiert ist, auch wenn sich die Stärke dieser Zusammenhänge je nach untersuchtem Schlafparameter und der jeweiligen Outcome-Messung unterscheidet (Rubio-Arias et al., 2019). Die Befunde der dieser Arbeit erweitern diese bestehende Evidenz, indem sie darauf hinweisen, dass auch der SARC-F-Score als subjektiver Indikator

sarkopeniebezogener funktioneller Einschränkungen mit der Schlafqualität zusammenhängt.

Besonders relevant erscheint dabei, dass in der vorliegenden Arbeit objektive und subjektive Muskelfunktion parallel betrachtet wurden. Der 30-Sekunden-Chair-Stand-Test stellt ein objektives, leistungsbezogenes Maß der funktionellen Leistungsfähigkeit dar, der SARC-F bildet alltagsbezogene Schwierigkeiten aus Sicht der befragten Person ab. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass subjektive und objektive Maße funktioneller Gesundheit nicht deckungsgleich sind und daher auch unterschiedliche Zusammenhänge mit schlafbezogenen Variablen aufweisen können (Benz et al., 2023).

4.2.3 Mögliche Erklärungsansätze für den Zusammenhang

Ein möglicher Erklärungsansatz für die beobachteten Effekte liegt in der konzeptuellen Nähe der beiden verwendeten subjektiven Instrumente. Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, erfasst der PSQI über nächtliche Schlafmerkmale hinaus auch Tagesbeeinträchtigungen wie etwa Müdigkeit, die mit schlechtem Schlaf einhergehen können. Der SARC-F wiederum erfasst subjektiv wahrgenommene Schwierigkeiten in alltagsrelevanten funktionellen Bereichen wie Aufstehen, Gehen oder Treppensteigen – somit beziehen sich beide Instrumente zumindest teilweise auf alltagsnahe, subjektiv bewertete Belastungen und Einschränkungen (Buysse et al., 1989; Malstrom & Morley, 2013). Aus dieser Perspektive erscheint es plausibel, dass sich eine schlechtere Schlafqualität besonders deutlich in einem subjektiven Funktionsmaß widerspiegelt.

Zudem ist zu bedenken, dass subjektive Selbsteinschätzungen stärker von der individuellen (Gesundheits-)Wahrnehmung, Vergleichsmaßstäben oder Beschwerden geprägt sein können als objektive Leistungstests. Wie bereits im Theorieteil dargelegt, fließen in die Beurteilung der eigenen Kraftfähigkeiten oft auch Schmerzen, die allgemeine psychische Verfassung oder bestehende Begleiterkrankungen mit ein (Benz et al., 2023). Schlechtere Schlafqualität könnte demnach nicht nur mit einer funktionellen Beeinträchtigung im engeren Sinne einhergehen, sondern auch mit einer verstärkten Wahrnehmung von Belastungen und einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit im Alltag.

Ein weiterer vertiefender Erklärungsansatz für den beobachteten Zusammenhang lässt sich in der Fatigability beziehungsweise Ermüdbarkeit verorten. Schlechter Schlaf kann die subjektive Energie, Belastbarkeit und Alltagsbewältigung beeinträchtigen und dazu beitragen, dass funktionelle Anforderungen wie Treppensteigen, längeres Gehen oder das Aufstehen aus einem Stuhl als schwieriger erlebt werden. Gerade weil der SARC-F Anforderungen solcher Alltagssituationen erfasst, können sich schlafbezogene Tagesbeeinträchtigungen in diesem Maß besonders deutlich niederschlagen. In einer aktuellen Untersuchung mit

älteren Erwachsenen konnten Yeh et al. (2025) zeigen, dass die Verbindung zwischen Schlafqualität und dem Sarkopenie-Risiko maßgeblich durch physische und mentale Fatigability beeinflusst wird (Yeh et al., 2025). Für die vorliegende Arbeit liefert dies eine schlüssige Begründung, warum die subjektiv berichteten Einschränkungen eng mit dem subjektiv berichteten Schlaferleben verknüpft sind.

4.3 Body-Mass-Index als Moderator des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion (H2)

4.3.1 Einordnung der Befundlage

Die Hypothese H2 ging davon aus, dass der BMI den Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion moderiert. Diese Annahme konnte in den adjustierten Modellen jedoch nicht bestätigt werden. Weder für die objektive Muskelfunktion noch für den SARC-F-Score zeigte der Interaktionsterm zwischen Schlafqualität und BMI nach Adjustierung für Alter und Geschlecht einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung. Im Modell zur objektiven Muskelfunktion führte die Aufnahme des Interaktionsterms zu keiner signifikanten Verbesserung des Modells ($\Delta R^2 = .01$, $p = .169$); im Modell zum SARC-F-Score zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Interaktionseffekt ($\Delta R^2 < .01$, $p = .899$). Damit ergab sich in den adjustierten Hauptanalysen kein Hinweis darauf, dass sich der Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion je nach Ausprägung des BMI verändert.

Ergänzend zeigte sich in der unadjustierten Zusatzanalyse zur objektiven Muskelfunktion ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Schlafqualität und BMI ($p = .031$). Dieses Ergebnis deutet zunächst darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen Schlafqualität und objektiver Muskelfunktion in Abhängigkeit vom BMI variieren könnte. Demgegenüber ließ sich für den SARC-F-Score auch im unadjustierten Modell keine signifikante Interaktion nachweisen ($p = .130$). Die Ergebnisse sprechen daher gegen einen robusten Moderationseffekt des BMI in dieser Stichprobe. Da der signifikante Effekt bei der objektiven Muskelfunktion unter Einbeziehung der Kontrollvariablen nicht stabil blieb, ist dieser Befund eher als explorativer Hinweis und nicht als stabiler Beleg für die Moderationshypothese zu bewerten.

4.3.2 Theoretische Einordnung der Moderationsannahme

Die theoretische Begründung der Moderationshypothese (H2) stützte sich auf mehrere, im Theorieteil bereits dargestellte Mechanismen. Ein erhöhter BMI ist häufig mit inflammatorischen Prozessen, einer metabolischen Dysregulation sowie schlafbezogenen Atmungsstörungen (wie obstruktiver Schlafapnoe) assoziiert, was eine wechselseitige Verstärkung

beziehungsweise Beeinflussung negativer Gesundheitseffekte nahelegt (Kim et al., 2023; Rogers et al., 2024; Passaro et al., 2024; Forte et al., 2025; Buch et al. 2016). Auf der anderen Seite kann ein niedriger BMI im höheren Lebensalter auf verringerte energetische Reserven, Mangelernährung oder eine erhöhte Vulnerabilität hinweisen (Stone & Xiao, 2018; Li et al., 2023; Garfield, 2019; Kim et al., 2023). Aus dieser Perspektive erschien es daher sinnvoll, den BMI nicht lediglich als Kontrollvariable zu betrachten, sondern seine Rolle als potenziellen Moderator im Schlaf-Muskel-Zusammenhang zu überprüfen. Die vorliegenden Daten verdeutlichen jedoch, dass diese theoretische Plausibilität nicht zwangsläufig in einen statistisch robusten Moderationseffekt resultiert.

4.3.3 Mögliche Erklärung: Rolle von Alter und gemeinsamer Varianz

Ein naheliegender Erklärungsansatz für das Verschwinden des Interaktionseffekts nach der Adjustierung lässt sich in der dominanten Rolle des Alters verorten, da sich das Alter in beiden (adjustierten) Modellen als signifikanter Prädiktor der Muskelfunktion erwies. Insbesondere im Modell zur Vorhersage des SARC-F-Scores erklärte bereits das Basismodell mit Alter und Geschlecht einen sehr hohen Anteil der Varianz ($R^2 = .54$), wobei sich das Alter innerhalb dieses Modells als starker positiver Prädiktor zeigte ($\beta = .67, p < .001$). Auch für die objektive Muskelfunktion zeigte das Alter einen starken, negativen Zusammenhang mit der Leistung im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test ($\beta = -.49, p < .001$). Basierend auf diesem Befund erscheint es daher plausibel, dass der im unadjustierten Modell festgestellte Moderationseffekt zumindest teilweise eine gemeinsame Varianz abbildete. Nach Berücksichtigung der Altersvariable blieb diese jedoch nicht als eigenständiger Interaktionseffekt bestehen.

Dies lässt darauf schließen, dass der unadjustierte Interaktionseffekt nicht als Widerspruch zu den adjustierten Ergebnissen zu verstehen ist, sondern eher als Hinweis auf eine altersbedingte Relativierung BMI-abhängiger Unterschiede im Schlaf-Muskel-Zusammenhang. Gerade in einer Stichprobe mit ausgeprägten altersbezogenen Unterschieden in der funktionellen Gesundheit ist dieser Effekt methodisch gut nachvollziehbar. Die adjustierten Modelle stellen damit die robustere Grundlage für die inhaltliche Prüfung der Moderationshypothese dar.

4.3.4 BMI als grober Indikator der Körperzusammensetzung

Ein weiterer bedeutsamer Erklärungsansatz bezieht sich auf die begrenzte Aussagekraft des BMI im höheren Lebensalter. Der BMI ist ein relativ einfach zu erhebender anthropometrischer Kennwert, der jedoch die Körperzusammensetzung nur sehr eingeschränkt abbilden kann (Garfield, 2019). Wie bereits in Kapitel 2.4.1 dargelegt, erlaubt der BMI keine Differenzierung zwischen Fettmasse, fettfreier Masse und deren Verteilung, wobei diese

Einschränkung gerade im höheren Lebensalter von Bedeutung ist, da gleiche BMI-Werte mit sehr unterschiedlichen Konstellationen von Muskelmasse, Fettmasse und Muskelqualität einhergehen können. In der Literatur wird diesbezüglich darauf hingewiesen, dass der BMI bei älteren Erwachsenen als suboptimaler Marker für Adipositas beziehungsweise die Körperzusammensetzung anzusehen ist und daher auch die Möglichkeit besteht, dass relevante phänotypische Unterschiede verdeckt werden können (Batsis et al., 2016; Garfield, 2019; Kim et al., 2023; Merchant et al., 2021).

Diese Einschränkung ist vor allem deshalb von Relevanz, da die theoretische Herleitung der Moderationsannahme teilweise auf Mechanismen basiert, die primär mit adipositasbezogener Entzündung, Fettverteilung, muskulärer Reserve oder sarkopener Adipositas assoziiert sind, anstatt sich auf den BMI als rein quantitatives Verhältnis von Körpergewicht und Körpergröße zu stützen. Die ausschließliche Berücksichtigung des BMI birgt die Gefahr, dass Personen mit ungünstiger Körperzusammensetzung, aber unauffälligem BMI, ebenso übersehen werden wie Personen mit höherem BMI, bei denen die Situation aus funktioneller Sicht günstiger ist als der Kennwert vermuten ließe. In diesem Zusammenhang unterstreichen Merchant et al. (2021), dass Maße der Körperzusammensetzung die funktionellen Outcomes im höheren Alter wesentlich genauer abbilden als der BMI allein. Dies spricht dafür, dass der BMI in der vorliegenden Arbeit möglicherweise nur eingeschränkt als moderierender Einfluss erfasst werden konnte.

4.3.5 Stichprobencharakteristika und Verteilung des BMI

Auch die Zusammensetzung der Stichprobe könnte dazu beigetragen haben, dass kein robuster Moderationseffekt nachgewiesen werden konnte. Wie in Abbildung 2 bereits dargestellt, lag der mittlere BMI in der vorliegenden Stichprobe bei $26,0 \text{ kg/m}^2$ ($SD = 3,4$; Spannweite $17,9\text{--}38,5$) und damit im Mittel im unteren Bereich des Übergewichts (WHO, 2000). In der Simple-Slope Darstellung der unadjustierten Interaktion zur objektiven Muskelfunktion (vgl. Abbildung 3) entsprachen die dargestellten niedrigen und hohen BMI-Ausprägungen einem BMI von $22,6 \text{ kg/m}^2$ (-1 SD) beziehungsweise $29,4 \text{ kg/m}^2$ ($+1 \text{ SD}$). Damit lag ein Großteil der für die Interaktion relevanten Verteilung im Bereich zwischen Normalgewicht und dem unteren Bereich des Übergewichts nach BMI-Kategorisierung und mögliche Effekte in ausgeprägteren Randbereichen könnten dadurch nur eingeschränkt abgebildet worden sein.

Weil in der Literatur für niedrige als auch für hohe BMI-Bereiche komplexe gesundheitliche Risiken beschrieben werden, ist diese Überlegung von Bedeutung. Kıskaç et al. (2022) berichten in ihrer Stichprobe älterer Erwachsener, dass vor allem BMI-Werte unter 25 kg/m^2 sowie über 35 kg/m^2 mit ungünstigeren funktionellen Ergebnissen assoziiert waren. Daraus

sollte schlussfolgernd jedoch nicht die allgemeine Empfehlung abgeleitet werden, dass ältere Erwachsene grundsätzlich übergewichtig sein sollten. Stattdessen verweist die Studie auf eine in dieser Stichprobe beobachtete, möglicherweise nichtlineare Beziehung zwischen BMI und funktionellen Ergebnissen im höheren Lebensalter. Laut Spahillari et al. (2016) ist zudem davon auszugehen, dass sich die Beziehung zwischen BMI beziehungsweise Körperzusammensetzung und gesundheitlichen Outcomes im höheren Lebensalter als vielschichtig erweisen kann und nicht durchgängig linear verläuft. Bezogen auf die vorliegende Untersuchung sollte dieser Punkt jedoch vorsichtig formuliert werden, da die Spannweite der Stichprobe grundsätzlich auch Randwerte umfasst, jedoch ohne eine genauere Betrachtung der Verteilung keine belastbare Aussage über eine tatsächliche Unterrepräsentation extremer Bereiche getroffen werden kann.

4.3.6 Unterschied zwischen objektivem und subjektivem Outcome

Auffällig ist, dass sich der Hinweis auf eine Moderation allein im unadjustierten Modell der objektiven Muskelfunktion zeigte, während eine entsprechende Interaktion beim SARC-F-Score ausblieb. Diese Diskrepanz könnte darauf hinweisen, dass sich mögliche BMI-bezogene Unterschiede im Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion nicht in gleicher Weise über verschiedene Zielmaße hinweg abbilden lassen. Während der Chair-Stand-Test stärker die unmittelbar beobachtbare funktionelle Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten erfasst, bildet der SARC-F-Score subjektiv berichtete alltagsbezogene Einschränkungen ab.

Auf der anderen Seite spricht das Ausbleiben eines signifikanten Interaktionseffekts im SARC-F-Modell gegen die Annahme, dass der unadjustierte Interaktionseffekt im Chair-Stand-Modell Rückschlüsse auf eine allgemein BMI-abhängige Veränderung des Schlaf-Muskel-Zusammenhangs zulässt. Die Ergebnisse deuten somit darauf hin, dass eine konsistente Moderationseigenschaft des BMI in der vorliegenden Untersuchung über die verschiedenen Operationalisierungen hinweg nicht stabil nachgewiesen werden konnte.

4.4 Rolle von Alter und Geschlecht als Kontextfaktoren (H3)

4.4.1 Alter als zentraler Prädiktor der Muskelfunktion

In Übereinstimmung mit H3 erwies sich das Alter in allen adjustierten Modellen als signifikanter Prädiktor der Muskelfunktion. Bezüglich der objektiven Muskelfunktion zeigte sich, dass höheres Alter mit einer geringeren Leistung im 30-Sekunden-Chair-Stand-Test assoziiert war ($\beta = -.49, p < .001$). Für den SARC-F-Score ergab sich ein positiver Zusammenhang, sodass mit zunehmendem Alter stärkere subjektive funktionelle Einschränkungen

berichtet wurden ($\beta = .67, p < .001$). Diese Ergebnisse stimmen mit den theoretischen Annahmen dieser Arbeit überein und sind auf der Grundlage der bisherigen Literatur gut nachvollziehbar.

In Kapitel 2.2.2 wurde herausgearbeitet, dass die Muskelfunktion im höheren Lebensalter maßgeblich durch das Alter beeinflusst wird. Altersbezogene Veränderungen betreffen dabei sowohl die Muskelmasse als auch die Muskelqualität, die Kraftentwicklung, die neuromuskuläre Steuerung und die funktionelle Leistungsfähigkeit. Entsprechend wird in der Literatur betont, dass mit zunehmendem Alter das Risiko für funktionelle Einschränkungen, Mobilitätsverluste und sarkopeniebezogene Veränderungen ansteigt (Cruz-Jentoft et al., 2019; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021). Somit war zu erwarten, dass das Alter einen substantiellen Anteil der Varianz erklären würde.

Besonders deutlich zeigte sich dieser Zusammenhang beim SARC-F-Score, für den bereits das Basismodell mit Alter und Geschlecht einen hohen Anteil der Varianz erklärte ($R^2 = .54$). Innerhalb dieses Modells erwies sich das Alter als signifikanter Prädiktor ($\beta = .67, p < .001$), während das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss zeigte ($p = .330$). Piotrowicz et al. (2021) konnten in ihrer Untersuchung mit selbständig lebenden älteren Erwachsenen ab 65 Jahren zeigen, dass Personen mit Sarkopenie im Mittel älter waren und auch ungünstigere funktionelle Werte aufwiesen. Zudem bestätigt diese Arbeit die Eignung des SARC-F zur Sarkopenie-Fallfindung in älteren Bevölkerungsgruppen (Piotrowicz et al. 2021).

4.4.2 Geschlecht als theoretisch relevanter, empirisch jedoch nicht signifikanter Faktor

Im Gegensatz zum Alter zeigte das Geschlecht in den adjustierten Modellen keinen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung. So konnte weder für die objektive Muskelfunktion ($p = .205$) noch für den SARC-F-Score ($p = .330$) ein statistisch signifikanter Effekt in dieser Stichprobe nachgewiesen werden. Dass sich hier kein signifikanter Effekt zeigte, ist vor dem Hintergrund der dargestellten Literaturrecherche aus dem Kapitel 2.6.2 bemerkenswert, wo das Geschlecht als potenziell bedeutsamer Kontextfaktor der Muskelfunktion identifiziert wurde. In der Literatur wird zwar einerseits auf Unterschiede hinsichtlich Muskelmasse, Muskelkraft, Körperzusammensetzung und altersassoziierten funktionellen Veränderungen zwischen den Geschlechtern hingewiesen (Cruz-Jentoft et al., 2019; Nuzzo, 2024; Prokopidis & Dionyssiotis, 2021). Andererseits wird jedoch auch berichtet, dass Geschlechtsunterschiede in der Muskelkraft für die unteren Extremitäten typischerweise geringfügiger ausfallen als für die oberen Extremitäten. Sowohl neuere Übersichtsarbeiten als auch klassische Arbeiten zur Muskelverteilung sprechen dafür, dass geschlechtsspezifische Unterschiede im Unterkörper weniger stark ausgeprägt sein können als im Oberkörper

(Janssen et al. 2000; Nuzzo, 2025). Aus dieser Perspektive ist es plausibel, dass beim 30-Sekunden-Chair-Stand-Test, der als alltagsnahes Unterkörpermaß dient, kein signifikanter Geschlechtseffekt gemessen werden konnte.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass geschlechtsbezogene Unterschiede im Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion in der Literatur zwar thematisiert werden, die bisherigen Befunde jedoch kein einheitliches Muster erkennen lassen. Einzelne Studien berichten beispielsweise, dass Zusammenhänge zwischen schlechter Schlafqualität und verringerter Muskelkraft bei Frauen stärker ausgeprägt sein könnten als bei Männern. Für andere Maße körperlicher Leistungsfähigkeit zeigt sich dagegen kein einheitliches Muster (Dennison et al., 2021). Da das Geschlecht in dieser Arbeit allerdings lediglich als Kovariate und nicht als Moderator berücksichtigt wurde, konnten mögliche unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion je nach Geschlecht nicht vertiefend untersucht werden.

4.5 Stärken der vorliegenden Arbeit

Eine der Stärken dieser Arbeit liegt in der Erfassung der Muskelfunktion über zwei unterschiedliche Outcomes. Diese Kombination stellt einen Mehrwert vor allem gegenüber jenen Studien dar, die sich ausschließlich auf einzelne Maße wie die Handkraft oder ausschließlich auf subjektive Selbstauskünfte stützen. Dadurch ließ sich nachweisen, dass Schlafqualität sowohl mit der gemessenen Leistungsfähigkeit als auch mit subjektiv erlebter funktionseller Einschränkung in Zusammenhang stehen kann.

Eine weitere Stärke besteht in der analytischen Vorgehensweise, bei welcher die komplementäre Gegenüberstellung von adjustierten Hauptanalysen und unadjustierten Zusatzanalysen eine differenzierte Evaluation der Zusammenhänge zwischen Schlafqualität, BMI und Muskelfunktion ermöglicht werden konnte. Dieses Vorgehen war vor allem für die Moderationshypothese hilfreich, weil es verdeutlichte, dass sich ein signifikanter Interaktionseffekt ausschließlich für die objektive Muskelfunktion auf unadjustierter Ebene zeigte ($p = .031$), jedoch unter Kontrolle potenziell relevanter Kovariaten nicht bestehen blieb ($\Delta R^2 = .01$, $p = .169$). Die konsequente Überprüfung der Modellvoraussetzungen sowie die schrittweise Modellbildung im Zuge der hierarchischen Regressionsanalysen gewährleisteten zudem methodische Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

Zusätzlich kann die Rekrutierung älterer Erwachsener aus Österreich im Rahmen eines Citizen-Science-Settings als Stärke bewertet werden, da zu diesem Thema bisher nur wenige Erkenntnisse aus dem österreichischen Raum vorliegen und diese Arbeit somit einen regionalen Beitrag zur Evidenzlage leistet. Das gewählte Setting erlaubt außerdem die Untersuchung alltagsnaher funktionseller Zusammenhänge außerhalb hochstandardisierter

Laborbedingungen. Insbesondere für Fragestellungen, die sich auf die subjektive Schlafqualität und alltagsbezogene Funktionalität beziehen, kann diese praxisnahe Erhebungsmethode von besonderem Interesse sein.

4.6 Limitationen des Studiendesigns und methodische Aspekte der Erhebung

Allerdings ergeben sich für das Studiendesign auch mehrere Limitationen, die zu berücksichtigen sind. An dieser Stelle muss besonders betont werden, dass die objektive Muskelfunktion im Rahmen eines Citizen-Science-Settings anhand einer selbstständig durchgeführten Testung erfasst wurde. Es ist davon auszugehen, dass die selbstständige Durchführung des 30-Sekunden-Chair-Stand-Tests trotz eines standardisierten Instruktionsvideos und ergänzender Sicherheitsanweisungen verglichen mit einer labortechnischen Erhebung mit einer höheren Messvarianz und einer geringeren Kontrolle der Durchführung verbunden ist und folglich Unterschiede in der Testumsetzung, im Verständnis der Instruktionen oder in der Dokumentation der Wiederholungen daher nicht ausgeschlossen werden können. Somit kann diese Erhebungsmethode zwar einerseits als Stärke gesehen werden, gleichzeitig aber auch als methodische Einschränkung durch die vergleichsweise geringe Standardisierung. Hinzu kommt noch, dass im Zuge der Datenerhebung keine konkrete Vorgabe zur Sitzhöhe des verwendeten Stuhls gemacht wurde und folglich Unterschiede in der Stuhlhöhe die Testleistung beeinflusst und damit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zusätzlich eingeschränkt haben könnte.

Des Weiteren können aus dem vorliegenden querschnittlichen Studiendesign keine Aussagen über die Kausalrichtung oder zeitliche Wirkungsrichtungen des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion abgeleitet werden. Es ist zwar plausibel, dass eine geringe Schlafqualität zu funktionellen Einbußen führen kann, es ist jedoch auch denkbar, dass die Beziehung zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion in die umgekehrte Richtung besteht. Im Zuge der Literaturrecherche konnte festgestellt werden, dass eine eingeschränkte Muskelfunktion, beispielsweise in Form von Schmerzen, einer geringeren Beweglichkeit, reduzierter Aktivität oder einer insgesamt schlechteren körperlichen Verfassung, die Schlafqualität beeinträchtigen kann. In der Literatur werden daher auch bidirektionale Modelle aufgegriffen, in denen Schlaf und körperliche Funktion sich wechselseitig beeinflussen (Gillespie et al., 2020; Reichert et al., 2022; Dworak et al., 2007). Wie stark diese Einflüsse sind beziehungsweise in welche Richtung diese gehen, kann jedoch anhand dieses Studiendesigns und der vorhandenen Auswertung nicht beantwortet werden.

Eine weitere Limitation ist auf die Erfassung der zentralen Variablen über Selbstbericht bezogen. Dies betrifft vor allem die durch den Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) ermittelte

Schlafqualität, sowie die anthropometrischen Angaben, auf deren Grundlage der BMI ermittelt wurde. Es ist darauf hinzuweisen, dass Selbstberichtsdaten durch individuelle Bewertungsmaßstäbe, Gesundheitswahrnehmung und weitere subjektive Einflussfaktoren beeinflusst sein können (Benz et al., 2023). Der SARC-F-Score ist ebenfalls ein subjektives Instrument, sodass beim Zusammenhang zwischen PSQI und SARC-F ein gemeinsamer Methodenanteil nicht ausgeschlossen werden kann. Der nachgewiesene signifikante Zusammenhang ist dadurch nicht gegenstandslos, sollte aber bei der Interpretation bedacht werden, weil beide Instrumente zum Teil ähnliche subjektive Wahrnehmungs- und Bewertungseigenschaften aufweisen können und dieser Zusammenhang mit dem objektiven Funktionsmaß anders einzuordnen ist.

Zudem ist noch zu berücksichtigen, dass bei der Stichprobengewinnung Selektionseffekte aufgetreten sein könnten. Die Teilnahme an einer freiwilligen Online-Studie setzt zumindest ein gewisses Maß an Motivation und technischer Zugänglichkeit beziehungsweise Kenntnisse der Befragten voraus. Daher ist denkbar, dass vor allem gesundheitsbewusste, funktionell fittere und hoch gebildete ältere Erwachsene an der Untersuchung teilgenommen haben und Personen mit starken körperlichen Einschränkungen in der Stichprobe unterrepräsentiert sind. Folglich ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die gesamte Altersgruppe – insbesondere auf Menschen mit hoher Gebrechlichkeit oder ausgeprägten Defiziten – nicht uneingeschränkt gegeben.

4.6.1 BMI als begrenzter Indikator

Eine weitere Einschränkung besteht in der Verwendung des BMI als Indikator für Körperzusammensetzung. Der BMI ist ein einfach zu erhebender anthropometrischer Kennwert, erlaubt jedoch keine Differenzierung zwischen Fettmasse, fettfreier Masse und Fettverteilung. Gerade im höheren Lebensalter ist diese Einschränkung bedeutsam, da gleiche BMI-Werte mit sehr unterschiedlichen Konstellationen von Muskelmasse, Fettmasse und Muskelqualität einhergehen können. In der Literatur wird deshalb betont, dass der BMI bei älteren Erwachsenen relevante phänotypische Unterschiede verdecken kann und zur differenzierten Beurteilung funktioneller Risiken nur eingeschränkt geeignet ist (Batsis et al., 2016; Prado et al., 2024). Dies ist auch im Kontext der Moderationshypothese bedeutsam, da ein potenzieller moderierender Einfluss durch die ausschließliche Verwendung des BMI möglicherweise nicht mit ausreichender Präzision erfasst werden konnte.

4.7 Implikationen und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass die subjektive Schlafqualität im höheren Lebensalter nicht allein ein Merkmal des Wohlbefindens darstellt, sondern als äußerst wichtiger Gesundheitsfaktor eingestuft werden kann. Da schlechtere Schlafqualität sowohl mit

einer geringeren objektiven Muskelfunktion als auch mit stärkeren subjektiv berichteten Einschränkungen assoziiert ist, könnte dieser Aspekt stärker in der Prävention beziehungsweise geriatrischen Gesundheitsförderung berücksichtigt werden.

Zudem werfen die Befunde weiterführende Fragen für künftige Untersuchungen auf. Ein wichtiger Ansatzpunkt wäre dabei die Überprüfung der Zusammenhänge im Rahmen von Längsschnittstudien, die es gestatten, die zeitliche Dynamik sowie Kausalitätsbeziehungen zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion zu untersuchen. Es bleibt weiters zu klären, ob schlechter Schlaf zu funktionellen Einbußen führt, ob dieser Prozess umgekehrt verläuft und/oder ob von einer bidirektionalen Beeinflussung auszugehen ist. Erkenntnisse diesbezüglich könnten auch hilfreich sein, um sowohl den optimalen Zeitpunkt als auch den effektivsten Ansatzpunkt (Schlafqualität bzw. Muskelfunktion) für präventive Maßnahmen zu bestimmen.

Ein weiterer Ansatzpunkt für künftige Studien könnte die Ergänzung subjektiver Schlafmaße durch objektive Verfahren wie der Aktigraphie oder Polysomnographie sein, wobei insbesondere Letztere mit deutlich höherem Aufwand verbunden wäre und sich eine flächendeckende Umsetzung somit schwieriger umsetzen ließe. Trotzdem ermöglichen diese Verfahren das präzisere Erfassen von Schlafparametern wie Dauer, Fragmentierung und Effizienz sowie deren intraindividuellen Unterschiede. Gerade im höheren Lebensalter, in dem die Schlafqualität häufig durch das Zusammenspiel verschiedener Faktoren beeinflusst wird, liefern derartige apparative Messungen ein detaillierteres Bild der tatsächlichen Belastung verglichen mit reinen Selbstberichten. Die Aktigraphie liefert dabei Informationen über Schlaf-Wach-Muster über mehrere Tage hinweg, die Polysomnographie erlaubt zusätzlich die Beurteilung der Schlafarchitektur (Smith et al., 2018; Abe et al., 2023). Folglich könnten zukünftige Studien spezifischere Schlafmerkmale identifizieren, die mit funktioneller Gesundheit im höheren Lebensalter in Zusammenhang stehen.

Aus den Ergebnissen zur Moderationshypothese lässt sich zudem ableiten, dass in zukünftigen Studien nach Möglichkeit eine präzisere Erfassung der Körperzusammensetzung vorzunehmen wäre, um einen möglichen Moderationseffekt des BMI nachweisen zu können. Anstatt des BMI könnten spezifischere Maße zur Fettmasse, fettfreien Masse, der Muskelqualität oder das Konzept der sarkopenen Adipositas in den Fokus rücken, um die Wechselwirkungen von Schlaf und funktioneller Gesundheit im Alter abzubilden. Verfahren wie die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) oder die Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DXA) würden zwar wiederum einen höheren Aufwand erfordern, könnten dazu aber einen wichtigen Beitrag leisten (Merchant et al., 2021; Panagiotou et al. 2025). Zur Differenzierung verschiedener Fettdepots, insbesondere des subkutanen und viszeralen Fettgewebes,

gelten allerdings bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomographie und die Computertomographie als Goldstandardverfahren (Murata et al, 2022).

Abschließend bleibt noch die Frage, inwieweit sich die in der vorliegenden Stichprobe gemessenen Zusammenhänge auf klinische Stichproben mit stärkeren funktionellen Beeinträchtigungen älterer Erwachsener oder auch auf Gruppen mit ausgeprägteren BMI-Randbereichen übertragen lassen. Zusätzlich könnten geschlechtsspezifische Unterschiede sowie mögliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Schlafparametern gezielter untersucht werden.

5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen konsistent einen Zusammenhang zwischen subjektiver Schlafqualität und Muskelfunktion im höheren Lebensalter über zwei unterschiedliche Erfassungsebenen hinweg und decken sich somit mit der theoretischen Annahme, dass die Schlafqualität als funktionell bedeutsamer Gesundheitsaspekt betrachtet werden sollte.

Die Moderationshypothese des BMI konnte in den adjustierten Analysen nicht bestätigt werden. Es konnte im unadjustierten Modell der objektiven Muskelfunktion zwar ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Schlafqualität und BMI nachgewiesen werden, der nach Adjustierung für Alter und Geschlecht jedoch nicht bestehen blieb. Insgesamt sprechen die Ergebnisse daher nicht für einen robusten moderierenden Einfluss des BMI in der vorliegenden Stichprobe, wobei zu berücksichtigen bleibt, dass durch seine eingeschränkte Aussagekraft ein potenzieller moderierender Effekt nicht adäquat erfasst werden konnte.

Hervorzuheben ist die dominante Rolle des Alters, das sich in einer Stichprobe mit ≥ 65 Jahren erwartungsgemäß als bedeutsamer Prädiktor der Muskelfunktion erwies. Entscheidend ist jedoch, dass der Zusammenhang zwischen Schlafqualität und Muskelfunktion auch nach Kontrolle des Alters bestehen blieb. Diese signifikante Assoziation zeigt, dass die Schlafqualität ein wichtiger und über den Alterseffekt hinausgehender Faktor funktioneller Gesundheit ist. Zukünftige Untersuchungen sollten den vorliegenden Zusammenhang in Längsschnittuntersuchungen prüfen und präzisere Maße der Körperzusammensetzung miteinbeziehen.

Literaturverzeichnis

- Abe, Y., Nakazato, Y., Takaba, M., Kawana, F., Baba, K., & Kato, T. (2023). Diagnostic accuracy of ambulatory polysomnography with electroencephalogram for detection of sleep bruxism–related masticatory muscle activity. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 19(2), 379–392.
- Arora, S., Sahadevan, P., & Sundarakumar, J. S. (2024). Association of sleep quality with physical and psychological health indicators in overweight and obese rural Indians. *Sleep medicine: X*, 7, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.sleepx.2024.100112>
- Ballesio, A., Fiori, V., & Lombardo, C. (2026). Effects of experimental sleep deprivation on peripheral inflammation: an updated meta-analysis of human studies. *Journal of Sleep Research*, 35(1), e70099. <https://doi.org/10.1111/jsr.70099>
- Baron, K. G., Reid, K. J., & Zee, P. C. (2013). Exercise to improve sleep in insomnia: exploration of the bidirectional effects. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 9(8), 819–824. <https://doi.org/10.5664/jcsm.2930>
- Batsis, J. A., Mackenzie, T. A., Bartels, S. J., Sahakyan, K. R., Somers, V. K., & Lopez-Jimenez, F. (2016). Diagnostic accuracy of body mass index to identify obesity in older adults: NHANES 1999–2004. *International journal of obesity (2005)*, 40(5), 761–767. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.243>
- Bauer, J., Biolo, G., Cederholm, T., Cesari, M., Cruz-Jentoft, A. J., Morley, J. E., Phillips, S., Sieber, C., Stehle, P., Teta, D., Visvanathan, R., Volpi, E., & Boirie, Y. (2013). Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE Study Group. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(8), 542–559. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.021>
- Benz, T., Lehmann, S., Sandor, P. S., & Angst, F. (2023). Relationship between subjectively-rated and objectively-tested physical function across six different medical diagnoses. *Journal of rehabilitation medicine*, 55, jrm9383. <https://doi.org/10.2340/jrm.v55.9383>
- Brack, A. S., Conboy, M. J., Roy, S., Lee, M., Kuo, C. J., Keller, C., & Rando, T. A. (2007). Increased Wnt signaling during aging alters muscle stem cell fate and increases fibrosis. *Science*, 317(5839), 807–810.
- Briançon-Marjollet, A., Weiszenstein, M., Henri, M., Thomas, A., Godin-Ribuot, D., & Polak, J. (2015). The impact of sleep disorders on glucose metabolism: endocrine

- and molecular mechanisms. *Diabetology & metabolic syndrome*, 7, 25.
<https://doi.org/10.1186/s13098-015-0018-3>
- Bromley, L. E., Booth, J. N., 3rd, Kilkus, J. M., Imperial, J. G., & Penev, P. D. (2012). Sleep restriction decreases the physical activity of adults at risk for type 2 diabetes. *Sleep*, 35(7), 977–984. <https://doi.org/10.5665/sleep.1964>
- Buch, A., Carmeli, E., Boker, L. K., Marcus, Y., Shefer, G., Kis, O., Berner, Y., & Stern, N. (2016). Muscle function and fat content in relation to sarcopenia, obesity and frailty of old age--An overview. *Experimental gerontology*, 76, 25–32.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.01.008>
- Buyse, D. J., Reynolds, C. F., 3rd, Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry research*, 28(2), 193–213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2005). Normal human sleep: an overview. *Principles and practice of sleep medicine*, 4(1), 13-23.
- Cederholm, T., Jensen, G. L., Correia, M. I. T. D., Gonzalez, M. C., Fukushima, R., Higashiguchi, T., Baptista, G., Barazzoni, R., Blaauw, R., Coats, A., Crivelli, A., Evans, D. C., Gramlich, L., Fuchs-Tarlovsky, V., Keller, H., Llido, L., Malone, A., Mogensen, K. M., Morley, J. E., Muscaritoli, M., ... GLIM Working Group (2019). GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 38(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.002>
- Christmas, C. (2024, 20. Juni). Sarcopenia, Body Mass Index and Adults Age 65-Plus. Johns Hopkins Medicine. Zugriff am 11.2.2026 unter <https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/sarcopenia-bmi-older-adults>.
- Coin, A., Sergi, G., Minicuci, N., Giannini, S., Barbiero, E., Manzato, E., Pedrazzoni, M., Minisola, S., Rossini, M., Del Puente, A., Zamboni, M., Inelmen, E. M., & Enzi, G. (2008). Fat-free mass and fat mass reference values by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) in a 20-80 year-old Italian population. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 27(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2007.10.008>
- Craven, J., McCartney, D., Desbrow, B., Sabapathy, S., Bellinger, P., Roberts, L., & Irwin, C. (2022). Effects of Acute Sleep Loss on Physical Performance: A Systematic and Meta-Analytical Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(11), 2669–2690.
<https://doi.org/10.1007/s40279-022-01706-y>
- Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European

- Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2 (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(4), 601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
- Curtis, M., Swan, L., Fox, R., Warters, A., & O'Sullivan, M. (2023). Associations between Body Mass Index and Probable Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults. *Nutrients*, 15(6), 1505. <https://doi.org/10.3390/nu15061505>
- Denison, H. J., Jameson, K. A., Sayer, A. A., Patel, H. P., Edwards, M. H., Arora, T., Denison, E. M., Cooper, C., & Baird, J. (2021). Poor sleep quality and physical performance in older adults. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 7(2), 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2020.10.002>
- Donga, E., van Dijk, M., van Dijk, J. G., Biermasz, N. R., Lammers, G. J., van Kralingen, K. W., Corssmit, E. P., & Romijn, J. A. (2010). A single night of partial sleep deprivation induces insulin resistance in multiple metabolic pathways in healthy subjects. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 95(6), 2963–2968. <https://doi.org/10.1210/jc.2009-2430>
- Donini, L. M., Busetto, L., Bischoff, S. C., Cederholm, T., Ballesteros-Pomar, M. D., Batsis, J. A., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cruz-Jentoft, A. J., Dicker, D., Frara, S., Frühbeck, G., Genton, L., Gepner, Y., Giustina, A., Gonzalez, M. C., Han, H. S., Heymsfield, S. B., Higashiguchi, T., Laviano, A., ... Barazzoni, R. (2022). Definition and Diagnostic Criteria for Sarcopenic Obesity: ESPEN and EASO Consensus Statement. *Obesity facts*, 15(3), 321–335. <https://doi.org/10.1159/000521241>
- Dramé, M., & Godaert, L. (2023). The Obesity Paradox and Mortality in Older Adults: A Systematic Review. *Nutrients*, 15(7), 1780. <https://doi.org/10.3390/nu15071780>
- Dworak, M., Diel, P., Voss, S., Hollmann, W., & Strüder, H. K. (2007). Intense exercise increases adenosine concentrations in rat brain: implications for a homeostatic sleep drive. *Neuroscience*, 150(4), 789–795. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2007.09.062>
- Dwyer, J. T., Melanson, K. J., Sriprachy-anunt, U., Cross, P., & Wilson, M. (2015). Dietary Treatment of Obesity. In K. R. Feingold (Eds.) et. al., *Endotext*. MDTtext.com, Inc.
- Forte, P., Encarnação, S. G., Teixeira, J. E., Branquinho, L., Barbosa, T. M., Monteiro, A. M., & Pecos-Martín, D. (2025). Predicting Sleep Quality Based on Metabolic, Body Composition, and Physical Fitness Variables in Aged People: Exploratory Analysis with a Conventional Machine Learning Model. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 10(3), 337. <https://doi.org/10.3390/jfmk10030337>
- Frank, S. A., Roland, D. C., Sturis, J., Byrne, M. M., Refetoff, S., Polonsky, K. S., & Van Cauter, E. (1995). Effects of aging on glucose regulation during wakefulness and

- sleep. *The American journal of physiology*, 269(6 Pt 1), E1006–E1016.
<https://doi.org/10.1152/ajpendo.1995.269.6.E1006>
- Frontera, W. R., Suh, D., Krivickas, L. S., Hughes, V. A., Goldstein, R., & Roubenoff, R. (2000 a). Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *American journal of physiology. Cell physiology*, 279(3), C611–C618. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.2000.279.3.C611>
- Gangwisch, J. E., Heymsfield, S. B., Boden-Albala, B., Buijs, R. M., Kreier, F., Pickering, T. G., Rundle, A. G., Zammit, G. K., & Malaspina, D. (2007). Sleep duration as a risk factor for diabetes incidence in a large U.S. sample. *Sleep*, 30(12), 1667–1673.
<https://doi.org/10.1093/sleep/30.12.1667>
- Garfield V. (2019). The Association Between Body Mass Index (BMI) and Sleep Duration: Where Are We after nearly Two Decades of Epidemiological Research?. *International journal of environmental research and public health*, 16(22), 4327.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16224327>
- Genario, R., Gil, S., Oliveira-Júnior, G., Leitão, A. E., Franco, T., Dos Santos Sales, R. C., Ferriolli, E., Busse, A. L., Filho, W. J., Gualano, B., & Roschel, H. (2023). Sleep quality is a predictor of muscle mass, strength, quality of life, anxiety and depression in older adults with obesity. *Scientific reports*, 13(1), 11256.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-37921-4>
- Gillespie, B. M., Walker, R. M., Latimer, S. L., Thalib, L., Whitty, J. A., McInnes, E., & Chaboyer, W. P. (2020). Repositioning for pressure injury prevention in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD009958.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD009958.pub3>
- Hardy, O. T., Czech, M. P., & Corvera, S. (2012). What causes the insulin resistance underlying obesity?. *Current opinion in endocrinology, diabetes, and obesity*, 19(2), 81–87. <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3283514e13>
- Hirani, V., Naganathan, V., Blyth, F., Le Couteur, D. G., Seibel, M. J., Waite, L. M., Handelsman, D. J., & Cumming, R. G. (2017). Longitudinal associations between body composition, sarcopenic obesity and outcomes of frailty, disability, institutionalisation and mortality in community-dwelling older men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *Age and ageing*, 46(3), 413–420. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw214>
- Hunter, S. K. (2016). Sex differences in fatigability of dynamic contractions. *Experimental physiology*, 101(2), 250–255. <https://doi.org/10.1113/EP085370>
- Irwin, M. R., Olmstead, R., & Carroll, J. E. (2016). Sleep Disturbance, Sleep Duration, and Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies and

- Experimental Sleep Deprivation. *Biological psychiatry*, 80(1), 40–52.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.05.014>
- 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>
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(2), 113–119.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608028>
- Jung, S., Yabushita, N., Kim, M., Seino, S., Nemoto, M., Osuka, Y., Okubo, Y., Figueroa, R., & Tanaka, K. (2016). Obesity and Muscle Weakness as Risk Factors for Mobility Limitation in Community-Dwelling Older Japanese Women: A Two-Year Follow-Up Investigation. *The journal of nutrition, health & aging*, 20(1), 28–34.
<https://doi.org/10.1007/s12603-016-0672-7>
- Kıskaç, M., Soysal, P., Smith, L., Capar, E., & Zorlu, M. (2022). What is the Optimal Body Mass Index Range for Older Adults?. *Annals of geriatric medicine and research*, 26(1), 49–57. <https://doi.org/10.4235/agmr.22.0012>
- Kim, J. E., Choi, J., Kim, M., & Won, C. W. (2023). Assessment of existing anthropometric indices for screening sarcopenic obesity in older adults. *British Journal of Nutrition*, 129(5), 875–887. [doi:10.1017/S0007114522001817](https://doi.org/10.1017/S0007114522001817)
- Lamon, S., Morabito, A., Arentson-Lantz, E., Knowles, O., Vincent, G. E., Condo, D., Alexander, S. E., Garnham, A., Paddon-Jones, D., & Aisbett, B. (2021). The effect of acute sleep deprivation on skeletal muscle protein synthesis and the hormonal environment. *Physiological reports*, 9(1), e14660.
<https://doi.org/10.14814/phy2.14660>
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salvati, L., Lee, Y. I., Thompson, W., Kirkland, J. L., & Sandri, M. (2019). Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function. *Physiological reviews*, 99(1), 427–511.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017>
- Li, J., Vitiello, M. V., & Gooneratne, N. S. (2022). Sleep in normal aging. *Sleep medicine clinics*, 17(2), 161–171. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1556407X22000170>
- Li, X., He, J., & Sun, Q. (2023). Sleep duration and sarcopenia: an updated systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 24(8), 1193–1206. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2023.04.032>

- Malmstrom, T. K., & Morley, J. E. (2013). SARC-F: A simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(8), 531-532. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.018>
- Merchant, R. A., Seetharaman, S., Au, L., Wong, M. W. K., Wong, B. L. L., Tan, L. F., Chen, M. Z., Ng, S. E., Soong, J. T. Y., Hui, R. J. Y., Kwek, S. C., & Morley, J. E. (2021). Relationship of Fat Mass Index and Fat Free Mass Index With Body Mass Index and Association With Function, Cognition and Sarcopenia in Pre-Frail Older Adults. *Frontiers in endocrinology*, 12, 765415. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.765415>
- Mijnarends, D. M., Luiking, Y. C., Halfens, R. J. G., Evers, S. M. A. A., Lenaerts, E. L. A., Verlaan, S., Wallace, M., Schols, J. M. G. A., & Meijers, J. M. M. (2018). Muscle, Health and Costs: A Glance at their Relationship. *The journal of nutrition, health & aging*, 22(7), 766–773. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1058-9>
- Morley J. E. (2016). Pharmacologic Options for the Treatment of Sarcopenia. *Calcified tissue international*, 98(4), 319–333. <https://doi.org/10.1007/s00223-015-0022-5>
- Mullington, J. M., Simpson, N. S., Meier-Ewert, H. K., & Haack, M. (2010). Sleep loss and inflammation. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 24(5), 775–784. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2010.08.014>
- Mullington, J. M., Haack, M., Toth, M., Serrador, J. M., & Meier-Ewert, H. K. (2009). Cardiovascular, inflammatory, and metabolic consequences of sleep deprivation. *Progress in cardiovascular diseases*, 51(4), 294–302. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.10.003>
- Murata, H., Yagi, T., Midorikawa, T., Torii, S., Takai, E., & Taguchi, M. (2022). Comparison between DXA and MRI for the Visceral Fat Assessment in Athletes. *International journal of sports medicine*, 43(7), 625–631. <https://doi.org/10.1055/a-1717-1619>
- Nuzzo, J. L. (2024). Sex differences in skeletal muscle fiber types: A meta-analysis. *Clinical anatomy*, 37(1), 81-91. <https://doi.org/10.1002/ca.24091>
- Nuzzo, J. L., & Pinto, M. D. (2025). Sex Differences in Upper- and Lower-Limb Muscle Strength in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *European journal of sport science*, 25(5), e12282. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12282>
- Passaro, A., Sanz, J. M., Naumovski, N., & Sergi, D. (2024). The complex interplay between oxinflammation, mitochondrial dysfunction and lipotoxicity: Focus on their role in the pathogenesis of skeletal muscle insulin resistance and modulation by dietary fatty acids. *Advances in Redox Research*, 11, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.arres.2024.100100>

- Panagiotou, G., & Brage, S. (2025). Advancing Precision Diagnosis of Sarcopenic Obesity Through Digital Technologies, Wearables and Omics Data. *Life (Basel, Switzerland)*, 15(12), 1911. <https://doi.org/10.3390/life15121911>
- Piotrowicz, K., Głuszeńska, A., Czesak, J., Fedyk-Łukasik, M., Klimek, E., Sánchez-Rodríguez, D., Skalska, A., Gryglewska, B., Grodzicki, T., & Gąsowski, J. (2021). SARC-F as a case-finding tool for sarcopenia according to the EWGSOP2. National validation and comparison with other diagnostic standards. *Aging clinical and experimental research*, 33(7), 1821–1829. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01782-y>
- Prado, C. M., Batsis, J. A., Donini, L. M., Gonzalez, M. C., & Siervo, M. (2024). Sarcopenic obesity in older adults: a clinical overview. *Nature reviews. Endocrinology*, 20(5), 261–277. <https://doi.org/10.1038/s41574-023-00943-z>
- Prather, A. A., Epel, E. S., Cohen, B. E., Neylan, T. C., & Whooley, M. A. (2013). Gender differences in the prospective associations of self-reported sleep quality with biomarkers of systemic inflammation and coagulation: findings from the *Heart and Soul Study*. *Journal of psychiatric research*, 47(9), 1228-1235. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.05.004>
- Prokopidis, K., & Dionyssiotis, Y. (2021). Effects of sleep deprivation on sarcopenia and obesity: A narrative review of randomized controlled and crossover trials. *Journal of Frailty, Sarcopenia and Falls*, 6(2), 50–56. <https://doi.org/10.22540/JFSF-06-050>
- Reichert, C. F., Deboer, T., & Landolt, H. P. (2022). Adenosine, caffeine, and sleep-wake regulation: state of the science and perspectives. *Journal of sleep research*, 31(4), e13597. <https://doi.org/10.1111/jsr.13597>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2), 129–161. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129>
- Rogers, E. M., Banks, N. F., & Jenkins, N. D. M. (2024). The effects of sleep disruption on metabolism, hunger, and satiety, and the influence of psychosocial stress and exercise: A narrative review. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 40(2), e3667. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3667>
- Rubio-Arias, J. Á., Rodríguez-Fernández, R., Andreu, L., Martínez-Aranda, L. M., Martínez-Rodríguez, A., & Ramos-Campo, D. J. (2019). Effect of Sleep Quality on the Prevalence of Sarcopenia in Older Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 8(12), 2156. <https://doi.org/10.3390/jcm8122156>
- Ryan, S. (2017). Adipose tissue inflammation by intermittent hypoxia: mechanistic link between obstructive sleep apnoea and metabolic dysfunction. *The Journal of physiology*, 595(8), 2423-2430. <https://doi.org/10.1113/JP273312>

- Shafiee, G., Keshtkar, A., Soltani, A., Ahadi, Z., Larijani, B., & Heshmat, R. (2017). Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 16, 21. <https://doi.org/10.1186/s40200-017-0302-x>
- Smith, M. T., McCrae, C. S., Cheung, J., Martin, J. L., Harrod, C. G., Heald, J. L., & Carden, K. A. (2018). Use of Actigraphy for the Evaluation of Sleep Disorders and Circadian Rhythm Sleep-Wake Disorders: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 14(7), 1231–1237. <https://doi.org/10.5664/jcsm.7230>
- Sondrup, N., Termannsen, A. D., Eriksen, J. N., Hjorth, M. F., Færch, K., Klingenberg, L., & Quist, J. S. (2022). Effects of sleep manipulation on markers of insulin sensitivity: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sleep medicine reviews*, 62, 101594. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2022.101594>
- Spahillari, A., Mukamal, K. J., DeFilippi, C., Kizer, J. R., Gottdiener, J. S., Djoussé, L., Lyles, M. F., Bartz, T. M., Murthy, V. L., & Shah, R. V. (2016). The association of lean and fat mass with all-cause mortality in older adults: The Cardiovascular Health Study. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*, 26(11), 1039–1047. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.06.011>
- Spexoto, M. C. B., Ramírez, P. C., de Oliveira Máximo, R., Steptoe, A., De Oliveira, C., & Alexandre, T. D. S. (2022). European Working Group on Sarcopenia in Older People 2010 (EWGSOP1) and 2019 (EWGSOP2) criteria or slowness: which is the best predictor of mortality risk in older adults?. *Age and Ageing*, 51(7), afac164. <https://doi.org/10.1093/ageing/afac164>
- Stenholm, S., Harris, T. B., Rantanen, T., Visser, M., Kritchevsky, S. B., & Ferrucci, L. (2008). Sarcopenic obesity: Definition, cause and consequences. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 11(6), 693. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328312c37d>
- Stone, K. L., & Xiao, Q. (2018). Impact of Poor Sleep on Physical and Mental Health in Older Women. *Sleep medicine clinics*, 13(3), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2018.04.012>
- Tomlinson, D. J., Erskine, R. M., Morse, C. I., Winwood, K., & Onambélé-Pearson, G. (2016). The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*, 17(3), 467–483. <https://doi.org/10.1007/s10522-015-9626-4>

- Verdijk, L. B., Snijders, T., Drost, M., Delhaas, T., Kadi, F., & Van Loon, L. J. (2014). Satellite cells in human skeletal muscle; from birth to old age. *Age*, 36(2), 545-557. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9583-2>
- Volkert, D., Beck, A. M., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Goisser, S., Hooper, L., Kiesswetter, E., Maggio, M., Raynaud-Simon, A., Sieber, C., Sobotka, L., van Asselt, D., Wirth, R., & Bischoff, S. C. (2019). ESPEN guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition*, 38(1), 10–47. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.05.024>
- Volkert, D., Beck, A. M., Cederholm, T., et al. (2022). ESPEN practical guideline: Clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition*, 41(4), 958–989. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.01.024>
- Walker, M. (2018). *Das große Buch vom Schlaf: Die enorme Bedeutung des Schlafs-Beste Vorbeugung gegen Alzheimer, Krebs, Herzinfarkt und vieles mehr*. Goldmann Verlag.
- Weig, T., Irlbeck, T., Frey, L., Paprottka, P., & Irlbeck, M. (2016). Jenseits des BMI. *Der Anaesthesist*, 65(9), 655-662. <https://doi.org/10.1007/s00101-016-0205-0>
- Wiater, A. (2016). Physiologie und Pathophysiologie des Schlafens. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 164(12), 1070-1077. DOI 10.1007/s00112-016-0160-5
- World Health Organization. (2000). *Obesity: Preventing and managing the global epidemic: Report of a WHO consultation* (WHO Technical Report Series No. 894). <https://iris.who.int/items/933e09aa-64f9-46e9-8dbb-78d8cddf1a3d>
- Wu, J., Ding, P., Wu, H., Yang, P., Guo, H., Tian, Y., Meng, L., & Zhao, Q. (2023). Sarcopenia: Molecular regulatory network for loss of muscle mass and function. *Frontiers in nutrition*, 10, 1037200. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1037200>
- Xie, R.-Z., Li, X.-S., Zha, F.-D., Li, G.-Q., Zhao, W.-Q., Liang, Y.-F., & Huang, J.-F. (2025). Relationship between body mass index and low skeletal muscle mass in adults based on NHANES 2011–2018. *Scientific Reports*, 15(1), 2596. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87176-4>
- Yeh, T. P., Lin, Y. K., Kuo, F. L., Liu, P. J., Chen, L. C., Bai, D., & Chen, I. H. (2025). Sleep quality and possible sarcopenia in community-dwelling older adults: physical and mental fatigability as mediators. *BMC geriatrics*, 26(1), 230. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06751-6>
- Zhang, Z., Wang, J., Wang, J., Ma, B., Jia, Y., & Chen, O. (2023). Sleep duration affects the sequential change of body mass index and muscle strength: A contribution to dynapenic obesity. *BMC Geriatrics*, 23(1), 288. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-03857-7>

Abkürzungsverzeichnis

APA – American Psychological Association

BIA – Bioelektrische Impedanzanalyse

BMI – Body-Mass-Index

CRP – C-reaktives Protein

DXA – Dual-Energy X-ray Absorptiometry

ESPEN – European Society for Clinical Nutrition and Metabolism

EWGSOP – European Working Group on Sarcopenia in Older People

GLIM – Global Leadership Initiative on Malnutrition

IL-6 – Interleukin-6

NREM – Non-Rapid-Eye-Movement

NHANES – National Health and Nutrition Examination Survey

PROT-AGE – Protein Requirements in Older Adults

PSQI – Pittsburgh Sleep Quality Index

REM – Rapid-Eye-Movement

RMSE – Root Mean Square Error

SARC-F – Strength, Assistance with walking, Rising from a chair, Climb stairs and Falls

SD – Standardabweichung

SPPB – Short Physical Performance Battery

TNF- α – Tumornekrosefaktor-alpha

UNIPARK – Online-Survey-Software Unipark

VIF – Varianzinflationsfaktor

WHO – World Health Organization

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Flussdiagramm der Studienpopulation</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 2: Verteilung des Body-Mass-Index in der Gesamtstichprobe (N=203)</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 3: Simple-Slope-Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schlafqualität (PSQI Score) und objektiver Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) in Abhängigkeit vom Body-Mass-Index (± 1 SD)</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 4: Vorhergesagte Werte der objektiven und subjektiven Muskelfunktion in Ab- hängigkeit von der Schlafqualität (PSQI) auf Basis der adjustierten Regressions- modelle</i>	<i>49</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts der Stichprobe (N=202)</i>	38
<i>Tabelle 2: Bildungsniveau der Stichprobe (N=203)</i>	38
<i>Tabelle 3: Raucherstatus der Stichprobe (N=203)</i>	39
<i>Tabelle 4: Wohnsituation der Stichprobe (N=203)</i>	39
<i>Tabelle 5: Lebenssituation der Stichprobe (N=203)</i>	40
<i>Tabelle 6: Deskriptive Statistiken der untersuchten Variablen (N=203)</i>	41
<i>Tabelle 7: Pearson-Korrelationen zwischen Schlafqualität, Body-Mass-Index, Alter und objektiver bzw. subjektiver Muskelfunktion (N=203)</i>	43
<i>Tabelle 8: Modellgüte der multiplen linearen Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) (N=202)</i>	44
<i>Tabelle 9: Multiple lineare Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) (N=202)</i>	45
<i>Tabelle 10: Lineare Regression zur Vorhersage der objektiven Muskelfunktion (30-Sekunden-Chair-Stand-Test) (N=203)</i>	46
<i>Tabelle 11: Modellgüte der multiplen linearen Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=202)</i>	47
<i>Tabelle 12: Multiple lineare Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=202)</i> ..	48
<i>Tabelle 13: Lineare Regression zur Vorhersage des SARC-F-Scores (N=203)</i>	49

Erklärung

Zur grammatikalischen und sprachlichen Überarbeitung sowie unterstützend bei der Erstellung der Struktur der Arbeit wurden ChatGPT und DeepL Write verwendet.