



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Einfluss eines 8-wöchigen Krafttrainings mit optimierter
Proteinaufnahme auf die Leistungsfähigkeit der unteren
Extremitäten bei älteren Personen

verfasst von / submitted by

Florian Fiebinger, BSc

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

Wien, 2020 / Vienna 2020

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

A 066 826

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

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Barbara Wessner

Zusammenfassung

Einleitung: Im Laufe des Alterungsprozesses kommt es zu einem Abbau von Muskelmasse und Muskelkraft, was verschiedenste gesundheitliche Probleme mit sich bringt. Um Muskelmasse und Muskelkraft zu erhalten, oder sogar zu erhöhen, werden sportliche Betätigungen und insbesondere Krafttraining empfohlen. Für den Muskelaufbau ist aber auch die Proteinzufuhr ein wichtiger Faktor. Nun stellt sich die Frage, ob die empfohlene Zufuhrmenge von 0,8 - 1,0 g/kg Körpergewicht ausreichend für die ältere Bevölkerung (65-85 Jahre) ist. In der vorliegenden Arbeit soll ein Teilaspekt der NutriAging Studie untersucht werden, nämlich wie sich eine Ernährungsoptimierung hinsichtlich der Proteinaufnahme in Verbindung mit einem 8-wöchigem Krafttraining auf die Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten bei gesunden 65- bis 85-Jährigen auswirkt.

Methodik: Bei der NutriAging Proteinstudie handelte es sich um eine randomisierte, kontrollierte und Beobachter-blinde Studie mit drei Parallelgruppen. In Phase 1 der Studie (6 Wochen) lag das Augenmerk der Studie auf der Ernährungsintervention. Danach folgte Phase 2 (8 Wochen) mit einer kombinierten Ernährungs- und Krafttrainingsintervention (zwei Trainingseinheiten pro Woche). Es wurden 3 Testungen vorgenommen (Voruntersuchung zu Beginn der Studie, Zwischenuntersuchung nach Phase 1 und Abschlussuntersuchung nach Phase 2). Bei den Gruppen handelte es sich um eine Kontrollgruppe (CT), einer reinen Beobachtungsgruppe, die Low Protein Gruppe (LP), die 1 g Protein/kg Körpergewicht/Tag zuführte, und die High Protein Gruppe (HP), welche 2 g Protein/kg Körpergewicht/Tag aufnehmen sollte. Die beiden letzteren führten in Phase 2 ein angeleitetes Krafttraining durch. In dieser Arbeit gilt die Zwischenuntersuchung als Baseline, da der Fokus auf der Trainingsperiode liegt. Primär wurden isometrische und isotonische Kraftparameter der unteren Extremitäten betrachtet. Die Veränderungen in diesen Parametern wurden mit der Progression einzelner Kraftübungen in Beziehung gesetzt.

Resultate: Zu Beginn der Trainingsperiode zählte die Studie 120 TeilnehmerInnen (53,33 % Frauen) mit einem Alter von 72,2 (65,0-84,3) Jahren. In der Kontrollgruppe wurde bei keinem der Messparameter ein Zeiteffekt festgestellt. Bei der absoluten Maximalkraft der isometrischen Messungen, sowie der auf das Körpergewicht relativierte Maximalkraft, zeigten sich bei der LP Gruppe ($p = 0,002$ und $p = 0,010$) und bei der HP Gruppe ($p = 0,003$ und $p = 0,002$) signifikante Verbesserungen. Die HP Gruppe wies zusätzlich bei der Messung der Maximalkraft bei 50% Widerstand eine signifikante Steigerung auf ($p =$

0,044). Bei der LP Gruppe gab es aber auch eine signifikante Verschlechterung hinsichtlich der Maximalkraft bei 0% Widerstand ($p = 0,031$), der relativen Maximalkraft bei 25% Widerstand ($p = 0,048$) und der relativen Maximalkraft bei 0% Widerstand ($p = 0,029$). Die Spearman-Rho Korrelationen der Progression der Krafttrainingsübungen mit den Leistungsparametern der unteren Extremitäten zeigte bei der Beinpresseübung nur mit der Differenz der Muskelmasse ($\rho = 0,281$, $p = 0,040$) einen schwachen positiven Zusammenhang. Bei der Korrelation der Progression der Beinbeugerübung wurden schwach positive Zusammenhänge mit der Maximalleistung des 20 Sekunden Aufstehtest ($\rho = 0,278$, $p = 0,042$) und der Wiederholungszahl beim 20 Sekunden Aufstehtest ($\rho = 0,293$, $p = 0,032$), sowie ein mittelstarker positiver Zusammenhang mit der Gehgeschwindigkeit über 6 Meter ($\rho = 0,323$, $p = 0,016$) gefunden. Allerdings lagen schwach negative Zusammenhänge mit der relativen dynamischen Maximalkraft bei 50% Widerstand ($\rho = -0,287$, $p = 0,034$) und der Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand ($\rho = -0,325$, $p = 0,016$) vor.

Diskussion: Die isometrische Maximalkraft hat sich nur bei den beiden Interventionsgruppen nach der kombinierten Ernährungs- und Trainingsintervention verbessert und bei der HP Gruppe zusätzlich die Maximalkraft bei 50% Widerstand. Die zusätzlichen Unterschiede der LP Gruppe zeigen schlechtere Ergebnisse bei den Abschlussuntersuchungen. Zwischen CT, LP und HP bestand kein Unterschied zu T3. Somit zeigen die Ergebnisse eine Verbesserung der isometrischen Kraft durch die kombinierte Trainings- und Ernährungsintervention. Die erhöhte Proteinaufnahme war dabei jedoch nicht ausschlaggebend.

Abstract

Introduction: In the course of the aging process, muscle mass and muscle power are reduced, which leads to various health problems. In order to maintain or even increase muscle mass and strength, sports activities and especially strength training are recommended. However, protein intake is also an important factor for muscle building. Now the question arises whether the recommended intake of 0.8 - 1.0 g/kg body weight is sufficient for the older population (65-85 years). In this paper we will examine a partial aspect of the NutriAging study, namely how nutritional optimisation with regard to protein intake in conjunction with 8 weeks of strength training affects the performance of the lower extremities in healthy 65 to 85-year-olds.

Methods: The NutriAging Protein Study was a randomized, controlled and observer-blind study with three parallel groups. In phase 1 of the study (6 weeks) the focus of the study was on the nutritional intervention. This was followed by phase 2 (8 weeks) with a combined nutrition and strength training intervention (two training sessions per week). Three tests were performed (preliminary examination at the beginning of the study, interim examination after phase 1 and final examination after phase 2). The groups were a control group (CT), a pure observation group, the low protein group (LP), which was to take 1 g protein/kg body weight/day, and the high protein group (HP), which was to take 2 g protein/kg body weight/day. The latter two performed guided strength training in phase 2. In this paper, the interim examination is considered the baseline, as the focus is on the training period. Primarily isometric and isotonic strength parameters of the lower extremities were considered. The changes in these parameters were put in relation to the progression of individual strength exercises.

Results: At the beginning of the training period the study counted 120 participants (53.33 % women) with an age of 72.2 (65.0-84.3) years. In the control group no time effect was found for any of the parameters. The absolute peak power of the isometric measurements, as well as the peak power relative to body weight, showed significant improvements in the LP group ($p = 0.002$ and $p = 0.010$) and in the HP group ($p = 0.003$ and $p = 0.002$). In addition, the HP group showed a significant increase in the measurement of peak power at 50% resistance ($p = 0.044$). The LP group also showed a significant deterioration in the peak power at 0% resistance ($p = 0.031$), the relative peak power at 25% resistance ($p = 0.048$) and the relative peak power at 0% resistance ($p = 0.029$). The Spearman-Rho correlations of the progression of the strength training exercises with the performance

parameters of the lower extremities showed a weak positive correlation for the leg press exercise only with the difference in muscle mass ($\rho = 0.281$, $p = 0.040$). The correlation of the progression of the leg curl exercise showed weak positive correlations with the peak power of the 20 second chair rise test ($\rho = 0.278$, $p = 0.042$) and the number of repetitions of the 20 second chair rise test ($\rho = 0.293$, $p = 0.032$), as well as a medium positive correlation with the walking speed over 6 meters ($\rho = 0.323$, $p = 0.016$). However, there were weak negative correlations with the relative dynamic peak power at 50% resistance ($\rho = -0.287$, $p = 0.034$) and the peak velocity at 50% resistance ($\rho = -0.325$, $p = 0.016$).

Discussion: The isometric peak power improved only in the two intervention groups after the combined nutrition and training intervention and in the HP group additionally the peak power at 50% resistance. The additional differences of the LP group show worse results in the final examinations. There was no difference between CT, LP and HP at T3. Thus, the results show an improvement in isometric strength through the combined training and nutritional intervention. However, the increased protein intake was not the decisive factor.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract.....	5
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Vorwort.....	11
1 Einleitung.....	12
1.1 Proteinzufuhrempfehlungen	13
1.2 Erkenntnisse zur Proteinaufnahme	16
1.3 Protein- und Trainingsinterventionen bei älteren Personen	17
1.4 Kontroverse Ergebnisse zur Wirksamkeit von Proteinsupplementation.....	18
1.5 Keine Verbesserung durch Proteinsupplementation	20
1.6 Forschungsfrage	21
2 Methodik.....	23
2.1 Studiendesign	23
2.1.1 Zeitlicher Ablauf der Studie	23
2.1.2 Ablauf der Eingangs-, Zwischen- und Enduntersuchungen	24
2.2 ProbandInnen	26
2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	27
2.2.2 Rekrutierung	28
2.2.3 Voruntersuchung	28
2.2.4 Randomisierung.....	29
2.3 Relevante Messungen.....	29
2.3.1 Primäre Parameter	29
2.3.2 Sekundäre Parameter	33
2.4 Interventionen.....	37
2.4.1 Ernährung	37
2.4.2 Training	39
2.5 Statistische Methoden	42
3 Ergebnisse	43
3.1 Deskriptive Statistik der ProbandInnen zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung 44	
3.2 Statistik der primären Parameter	45
3.2.1 Isokinetische Dynamometrie	45
3.2.2 Progression des Krafttrainings	47
3.2.3 Statistik der primären Parameter zwischen den Gruppen nach kombinierter Ernährungs- und Trainingsintervention	49
3.2.4 Veränderungen der primären Parameter nach kombinierter Ernährungs- und Trainingsintervention.....	52
3.3 Statistik der sekundären Parameter	57
3.4 Korrelationen.....	59
4 Diskussion.....	64
4.1 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	64
4.2 Stärken und Limitationen der Studie.....	65
4.3 Fazit.....	68
Literaturverzeichnis	70
Anhang	75
Erklärung	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Altersbedingte Ursachen für Funktionsverlust (Bauer et al., 2013).....	14
Abbildung 2: Gründe für niedrigere Proteinaufnahme (Deutz et al., 2014).....	15
Abbildung 3: Gründe für erhöhten Proteinbedarf (Deutz et al., 2014).....	15
Abbildung 4: Zeitlicher Ablauf der Studie	24
Abbildung 5: Ablauf Testtag 1	25
Abbildung 6: Ablauf Testtag 2	26
Abbildung 7: Isokinetischer Dynamometer Humac NORM (isokinetic dynamometers - CSMi, Stoughton, MA)	31
Abbildung 8: Veranschaulichung der Übung „Beinbeuger“	32
Abbildung 9: Veranschaulichung der Übung „Beinpresse“	32
Abbildung 10: Veranschaulichung des Aufstehetests	34
Abbildung 11: Veranschaulichung des Timed Up and Go Test.....	35
Abbildung 12: Veranschaulichung des Tests für maximale Gehgeschwindigkeit	36
Abbildung 13: Veranschaulichung des 6 Minuten Gehtests	37
Abbildung 14: Auswahl an Nahrungsmitteln für Interventionsgruppen	38
Abbildung 15: Progression des 8-wöchigen Krafttrainings	40
Abbildung 16: Flowchart NutriAging Studie Protein	43
Abbildung 17: Trainingsvolumina der Beinbeugerübung von Trainingseinheit 3 (T3) bis 16 (T16)	48
Abbildung 18: Trainingsvolumina der Beinpresseübung von Trainingseinheit 3 (T3) bis 16 (T16)	49
Abbildung 19: Liniendiagramm der Mediane der isometrischen Messung aller Gruppen von T2 auf T3	53
Abbildung 20: Liniendiagramm der Mediane der relativen isometrischen Messung aller Gruppen von T2 auf T3	54
Abbildung 21: Liniendiagramm der Mediane der Maximalkraft bei 50% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3	55
Abbildung 22: Liniendiagramm der Mediane der Maximalkraft bei 0% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3	56
Abbildung 23: Liniendiagramm der Mediane der relativen Maximalkraft bei 25% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3.....	56
Abbildung 24: Liniendiagramm der Mediane der relativen Maximalkraft bei 0% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3.....	57
Abbildung 25: Trainingsprotokoll der ProbandInnen (Seite 1).....	75
Abbildung 26: Trainingsprotokoll der ProbandInnen (Seite 2).....	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der ProbandInnen zu T2.....	44
Tabelle 2:Baseline der primären Parameter (T2)	46
Tabelle 3: Krafttrainingsübungen: Trainingsumfänge 5. Trainingseinheit	47
Tabelle 4: Differenzen der primären Parameter zwischen T2 und T3	51
Tabelle 5: Unterschiede in den primären Parametern von T2 auf T3	52
Tabelle 6:Baseline der sekundären Parameter (T2).....	57
Tabelle 7: Folgetest zum 6 Minuten Gehtest.....	58
Tabelle 8: Korrelationen zwischen primären und sekundären Parametern zu T2	60
Tabelle 9: Korrelationen zwischen primären / sekundären Parametern und Trainingsprogression	62

Abkürzungsverzeichnis

BIA	bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body Mass Index
cm	Zentimeter
CT	Kontrollgruppe
g	Gramm
HP	High Protein (Gruppe)
kg	Kilogramm
kg/m ²	Kilogramm pro Quadratmeter
KWP	Kuratorium Wiener Pensionisten-Wohnhäuser
LP	Low Protein (Gruppe)
m/s	Meter pro Sekunde
Nm	Newtonmeter
T1	Zeitpunkt der Anfangsuntersuchung
T2	Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung
T3	Zeitpunkt der Enduntersuchung
u.a.	unter anderem
WHO	World Health Organisation/Weltgesundheitsorganisation

Vorwort

Im Zuge meines Studiums hatte ich die Chance im Rahmen eines Forschungspraktikums an der NutriAging Protein Studie, die an der Universität Wien durchgeführt wurde, mitzuwirken. In dieser Zeit konnte ich, mit dem Blick auf die Spezialisierung als Trainingstherapeut, Gelerntes aus dem Studium anwenden und mit einer Personengruppe, die ich mit großer Wahrscheinlichkeit in meinem künftigen Beruf häufiger betreuen werde, arbeiten. Aus dieser Mitarbeit hat sich für mich auch die großartige Möglichkeit ergeben, eine Masterarbeit auf Basis der Studie zu verfassen. Umso mehr freue ich mich, dass ich trotz verschiedener Hindernisse (persönlichen und globalen Ursprungs) diese Arbeit nun erfolgreich fertigstellen konnte.

Auf meinem Weg durch Studium habe ich viel Unterstützung erhalten und möchte mich an dieser Stelle bedanken. Zu aller erst möchte ich meiner Mutter danken, die mir nicht nur mittels ihrer finanziellen Unterstützung das Studium ermöglicht hat, sondern mir auch in allen Fragen des Lebens mit Rat und Tat zur Seite stand. Aber auch auf die Unterstützung meiner Großeltern, meines Bruders, meines Onkels und meines Stiefvaters konnte ich immer zählen, egal in welcher Lebenslage. Ich möchte anmerken, dass die Reihenfolge der Aufzählung keine Wertung darstellt, da ich jede/n von ihnen im gleichen Ausmaß wertschätze.

Weiters möchte ich mich bei meiner Partnerin bedanken, die sich mein Gejammer angehört und mich dennoch bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt hat. Mein Dank geht auch an meine KollegInnen und FreundInnen, mit denen ich im Laufe des Studiums zusammenarbeiten und mich austauschen konnte – egal ob während des Bachelorstudiums in Graz oder während des Masterstudiums in Wien.

Abschließend möchte ich mich noch bei Frau Professor Wessner bedanken, die mir mit ihrer Expertise und der Betreuung dieser Arbeit die Möglichkeit gab, mein Studium zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen.

1 Einleitung

Die Menschen werden immer älter. Im Jahr 2009 lag die Lebenserwartung für Männer in Österreich bei 77,4 und stieg bis zum Jahr 2018 auf 79,3 Jahre, während die Werte für Frauen im selben Zeitraum von 82,8 auf 84,0 Jahre stiegen (Statistik Austria, 2019). Somit soll der menschliche Körper immer länger funktionsfähig bleiben. Unabhängig von der Lebenserwartung ist es ein grundsätzlicher Wunsch des Menschen, im höheren Alter nicht nur funktionsfähig, sondern auch selbstständig und aktiv zu bleiben. Die übermäßige Abnahme von Muskelmasse und -funktion, zusammengefasst unter dem Begriff Sarkopenie, spielt in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle. Die European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) veröffentlichte 2010 eine Definition für Sarkopenie. 2018 traf sich die Arbeitsgruppe erneut (EWGSOP2), um die Definition in Anbetracht neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu aktualisieren. Die EWGSOP2 beschreibt geringe Muskelkraft als primären Parameter für eine mögliche Sarkopenie, da Muskelkraft momentan die zuverlässigste Messung der Muskelfunktion darstellt. Wenn zusätzlich geringe Muskelqualität und -quantität festgestellt wird, gilt die Sarkopenie-Diagnose als bestätigt. Bei bestehender schlechter physischer Leistungsfähigkeit in Verbindung mit den vorher genannten Symptomen, wird die Sarkopenie als schwerwiegend eingestuft (Cruz-Jentoft et al., 2019). Dabei weisen bereits 5-13% der Personen über 60 Jahren eine verringerte Muskelmasse auf, bei 80-Jährigen steigt die Prävalenz dafür auf 50% (Morley, Anker, & Haehling, 2014). Ernährungs- und Trainingsinterventionen können dazu beitragen, die Sarkopenie zu verhindern oder zu verbessern (Walston, 2012).

Mit dieser Thematik befasst sich die NutriAging Studie – eine mehrteilige Studie, welche die Auswirkungen verschiedener Ernährungsoptimierungen in Verbindung mit Krafttraining auf Muskelqualität und -quantität bei älteren Personen untersucht. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf eine der Substudien, die das Zusammenwirken einer optimierten Proteinaufnahme in Verbindung mit einem zwei Mal wöchentlich stattfindenden Krafttraining untersucht. Im Abschnitt Methodik wird genauer auf die Studie eingegangen und die Ergebnisse daraufhin dargestellt und diskutiert.

Vorab befassen sich die Unterpunkte der Einleitung mit nationalen und internationalen Proteinempfehlungen, Proteinaufnahme bei älteren Personen und Erkenntnissen zu kombinierter Proteinsupplementation mit Trainings, um den aktuellen Forschungsstand überblicksmäßig zu umreißen.

1.1 Proteinzufuhrempfehlungen

Die Empfehlung der World Health Organisation (WHO) hinsichtlich der Proteinaufnahme beträgt 0,8 g Protein/kg Körpergewicht/Tag für gesunde Erwachsene (Joint Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition, Weltgesundheitsorganisation, FAO, United Nations University, & Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition, 2007). Diese Empfehlung besteht seit 2007 und es gibt bisher keine neuere Auflage. Das Alter wird bei der Empfehlung nicht berücksichtigt. Die Richtlinie für die empfohlene Aufnahme an Protein am Tag gilt für alle Altersklassen und unabhängig vom Geschlecht. Dabei drängt sich die Frage auf, ob ältere Personen nicht mehr Protein benötigen. Der Geschlechterunterschied wird in dieser Arbeit nicht betrachtet.

Der Erhalt der Muskelmasse hängt von dem Ausgleich von Proteinsynthese und Proteinabbau ab. Im Normalfall reicht das durch Nahrung aufgenommene Protein, um in ausreichender Menge aufgenommen und verarbeitet zu werden. Für den Muskelaufbau benötigt es verfügbare Aminosäuren, körperliche Aktivität und Hormonsignale. Mit dem Alterungsprozess verlangsamt sich diese anabole Reaktion. Jedoch zeigen vorliegende Daten, dass der Muskelanabolismus für Protein bei älteren Personen durch mehr verfügbare Aminosäuren stimuliert werden kann. Die vorherrschende Strategie, um Muskelmasse und -funktion zu erhalten, ist daher die erhöhte Bereitstellung von Aminosäuren in Kombination mit körperlicher Aktivität, insbesondere Krafttraining. Altersbedingter Muskelrückgang geschieht vorrangig auf Grund der reduzierten Proteinsynthese nach der Nahrungsaufnahme als durch eine erhöhte Abbaurate. Körperliche Inaktivität kann zu einer anabolen Resistenz führen, welche sich bei älteren Personen schon nach zwei Wochen in verringerter Proteinsynthese nach Nahrungsaufnahme, Insulinsensitivität und Muskelmasse in den Beinen äußert (Bosaeus & Rothenberg, 2016).

Die PROT-AGE Gruppe (Bauer et al., 2013) bestehend aus Vertretern der European Union Geriatric Medicine Society (EUGMS), der International Association of Gerontology and Geriatrics (IAGG), International Academy on Nutrition and Aging (IANA) und der Australian and New Zealand Society for Geriatric Medicine (ANZSGM) hat die empfohlene Menge der Proteinaufnahme durch Nahrung für gesunde ältere Personen (über 65 Jahre) wie folgt festgelegt: Um den Erhalt und den Aufbau von Muskeln zu erreichen, benötigen ältere Personen mehr Protein als jüngere und sollten somit 1-1,2 g/kg

Körpergewicht/Tag an Proteinen aufnehmen. Die nötige Proteinaufnahme für ältere Personen zu bestimmen ist wichtig, um das Risiko für altersbezogene Probleme durch eine zu geringe Aufnahme zu verringern. Unzureichende Proteinaufnahme, verringerte Fähigkeit das vorhandene Protein zu verarbeiten und/oder ein erhöhter Bedarf an Protein aufgrund bestimmter Faktoren (siehe Abbildung 1) können bei älteren Personen unter anderem zum Funktionsverlust von Muskeln, Knochen und des Immunsystems führen.

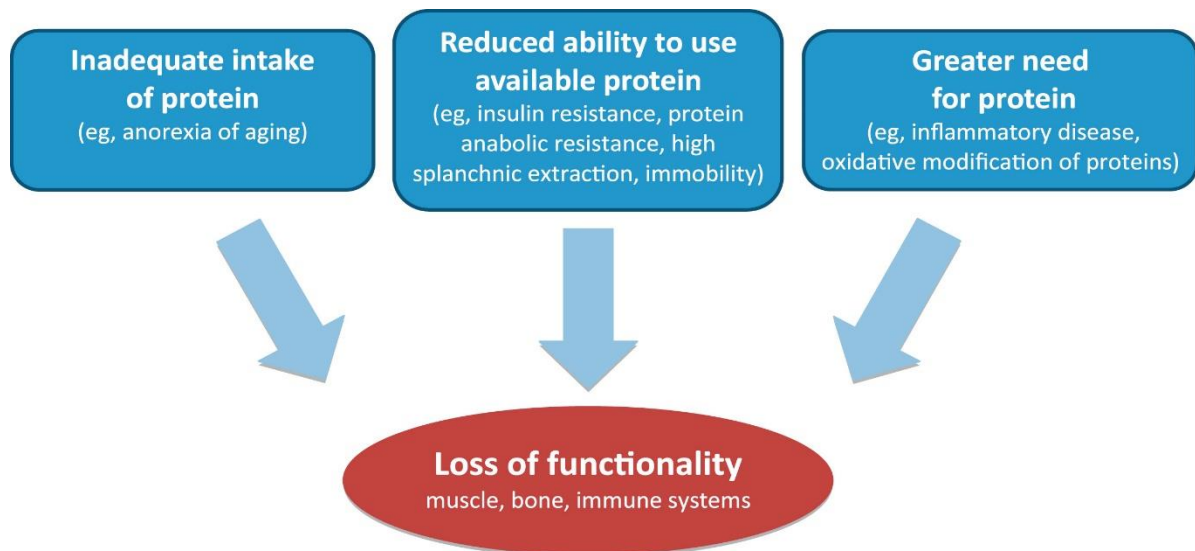


Abbildung 1: Altersbedingte Ursachen für Funktionsverlust (Bauer et al., 2013).

Die Forschungsgruppe der European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) hat auf Grund von zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vorliegenden Erkenntnissen, ebenfalls die Empfehlung ausgesprochen, dass gesunde ältere Personen 1-1,2 g Protein/kg Körpergewicht/Tag durch die Ernährung aufnehmen sollten. Gründe, warum ältere Personen nicht genug Protein zu sich nehmen, könnte laut ESPEN folgende sein: Genetische Prädispositionen für geringen Appetit; physiologische Veränderungen und Leiden, die zu alters- und krankheitsbedingten Anorexie führen; physische und geistige Behinderungen, welche Einkaufen und Kochen erschweren; sowie Ernährungsunsicherheit in Folge von sozialen und finanziellen Einschränkungen (Abbildung 2) (Deutz et al., 2014).

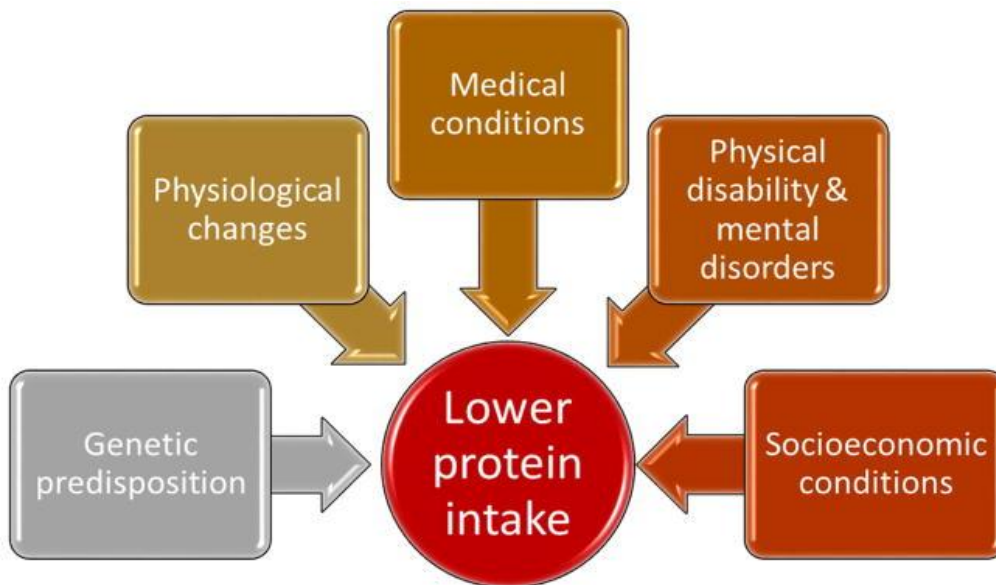


Abbildung 2: Gründe für niedrigere Proteinaufnahme (Deutz et al., 2014)

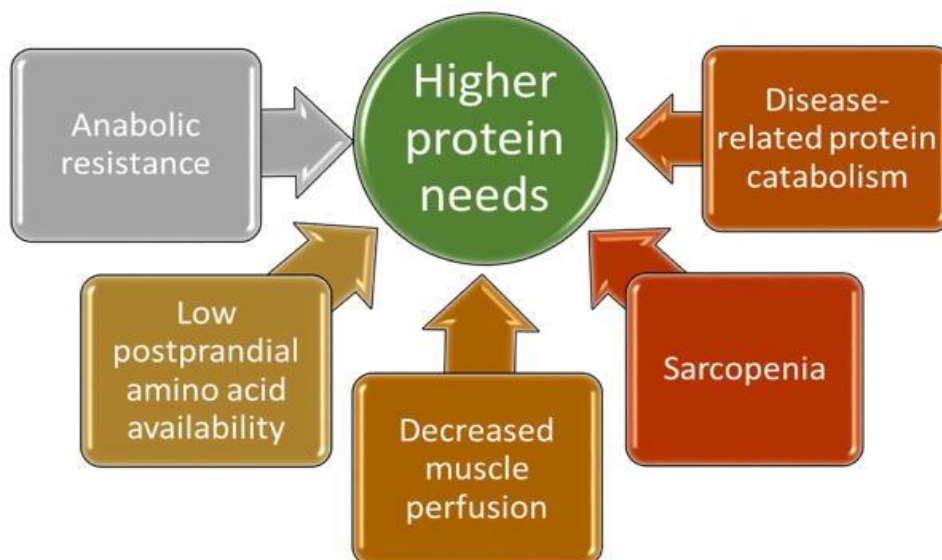


Abbildung 3: Gründe für erhöhten Proteinbedarf (Deutz et al., 2014)

Auf der anderen Seite gibt es der ESPEN zufolge einige Gründe, warum ältere Personen mehr Protein benötigen (Abbildung 3). Es kann sich eine Resistenz entwickeln, welche die positiven Effekte von durch Nahrung aufgenommenem Protein bezüglich der Synthese von Protein verringert. Dies wird als anabole Resistenz beschrieben. Weitere Mechanismen, die teilweise in Verbindung mit anaboler Resistenz stehen und eine höhere Proteinaufnahme nötig machen, sind die verringerte Verfügbarkeit von Aminosäuren nach dem Essen, verringerte Muskelperfusion nach dem Essen, verringerte Aufnahme von Aminosäuren aus der Nahrung in den Muskel, reduzierte Signalgabe für Proteinsynthese und reduzierte

Verdauungskapazität. Ebenso können Entzündungen ein Grund für einen höheren Proteinbedarf sein. Bei gesunden als auch kranken älteren Personen hängt der Proteinanabolismus von der Netto-Proteinaufnahme ab. (Deutz et al., 2014)

Für den deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich, Schweiz) wurde im Jahr 2017 eine revidierte Empfehlung für die Proteinaufnahme für gesunde Personen über 65 Jahre ausgegeben. Die empfohlene Proteinaufnahme wurde von 0,8 auf 1 g Protein/kg Körpergewicht/Tag erhöht ("Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr D-A-CH," 2019).

Von den unterschiedlichen, hier zitierten Forschungsgruppen und Organisationen liegen die empfohlenen Aufnahmen für Protein zwischen 0,8 und 1,2 g/kg Körpergewicht/Tag. Diese Diskrepanz könnte ein Hinweis darauf sein, dass, vor allem in Hinblick auf die ältere Bevölkerung, Uneinigkeit bezüglich des Bedarfs an Protein besteht.

1.2 Erkenntnisse zur Proteinaufnahme

Zwölf Frauen über 65 Jahre ohne akute oder schwerwiegende chronische Erkrankungen, nahmen an einer Studie von Rafii, Chapman, Owens et al. (2015) teil, um die notwendige Proteinaufnahme für ältere Frauen neu zu evaluieren. Alle Probandinnen betätigten sich in einer Form körperlich. Jede Untersuchungsperiode verlief über 3 Tage: Zwei Tage dienten der Adaption (um alle ProbandInnen auf das gleiche Ausgangsniveau zu bringen), der dritte Tag stellte die Messperiode dar. Während der Adaption betrug die Proteinaufnahme 1 g Protein/kg Körpergewicht/Tag und die Kalorienaufnahme das 1,7-fache des benötigten Ruheumsatzes. Nach 12-stündigem Fasten wurde den Probandinnen die Proteinaufnahme (zwischen 0,2 und 2,0 g Protein/kg Körpergewicht/Tag) zufällig zugelost. Die Probandinnen haben mehrmals an den Untersuchungen teilgenommen, mit ein bis zwei Wochen Pause, sodass insgesamt 83 Messungen durchgeführt wurden (Rafii, Chapman, Owens et al., 2015). Nach dem gleichen Studienaufbau wurden sieben Männer über 65 Jahre untersucht (Rafii, Chapman, Elango et al., 2015).

Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass die durchschnittlich benötigte Proteinzufuhr für ältere Frauen 0,96 und für ältere Männer 0,94 g/kg Körpergewicht/Tag beträgt. Damit ist der Unterschied zu gesunden Männern (26.8 ± 2.0) aus einer Vorgängerstudie (Humayun, Elango, Ball, & Pencharz, 2007) nicht signifikant. Jedoch ist das benötigte Protein bezogen auf die fettfreie Masse von 1.62 ± 0.14 bei älteren Frauen und 1.59 ± 0.15 Protein/kg fettfreier Masse/Tag bei älteren Männern höher als bei den jungen Männern (1.14 ± 0.09 g

Protein/kg fettfreier Masse/Tag) aus der Studie von Humayun et al. (2007; zit. n. Rafii, Chapman, Elango et al., 2015).

Der Analyse von Paddon-Jones & Leidy (2014) zufolge haben bereits andere Reviews/Studien wie beispielsweise Volpi et al (2013) aufgezeigt, dass eine erhöhte Proteinaufnahme von 1-1,5 g/kg Körpergewicht/Tag im Vergleich zur Aufnahme des empfohlenen Minimums von 0,8 g Protein/kg Körpergewicht/Tag Vorteile für die muskuläre Gesundheit bei älteren Personen haben kann. Um die Verbesserungen der Körperzusammensetzung bei älteren Personen noch weiter zu unterstützen ist laut der Metaanalyse von Paddon-Jones & Leidy (2014) eine Proteinaufnahme von 1,2-1,6 g Protein/kg Körpergewicht/Tag notwendig.

1.3 Protein- und Trainingsinterventionen bei älteren Personen

In dem Review von Denison, Cooper, Sayer, & Robinson (2015) wurden siebzehn Studien mit TeilnehmerInnen über 65 Jahren betrachtet. Die Studien hatten Teilnehmerzahlen von 17 bis 217, mit Studienzeiträumen von 8 Wochen bis 18 Monaten. Die Hälfte der Studien hatten zwei (Training, Training mit Ernährungsintervention), die andere Hälfte vier Vergleichsgruppen (Training, Ernährungsintervention, beide Interventionen, Kontrollgruppe ohne Interventionen).

Bei den acht Studien (Arnarson et al., 2013; Carlsson et al., 2011; Godard, Williamson, & Trappe, 2002; Kim et al., 2012; Rosendahl et al., 2006; Tieland et al., 2012; Verdijk et al., 2009; Vukovich, Stubbs, & Bohlken, 2001), die Protein oder Aminosäuren supplementiert haben, gab es selbständig lebende TeilnehmerInnen, sowie gebrechliche und TeilnehmerInnen mit Sarkopenie. Die Dauer der Studien lag zwischen 8 und 24 Wochen. Alle Studien haben Muskelkraft und Muskelgröße gemessen, drei haben zusätzlich die physische Leistungsfähigkeit festgestellt. Die Muskelkraft hat sich bei der Durchführung eines Trainings verbessert, unabhängig davon, ob eine Ernährungsintervention stattgefunden hatte oder nicht. Die einzige Ausnahme waren japanische Frauen mit Sarkopenie. Bei ihnen gab es nur Zuwächse hinsichtlich der Muskelkraft bei jener Gruppe, welche ein Trainingsprogramm mit mehreren Komponenten kombiniert mit einer Aminosäuren Supplementierung absolvierten. Darüber hinaus konnten positive Effekte auf die fettfreie Masse bei gebrechlichen älteren Männern und Frauen, welche Krafttrainings betrieben und zwei Mal täglich Proteindrinks zu sich nahmen, beobachtet werden. In allen Studien, bei denen die körperliche Leistungsfähigkeit gemessen wurde, waren

Verbesserungen zu verzeichnen. Zusätzliche Leistungssteigerungen durch die Supplementierung konnten jedoch nicht festgestellt werden (Denison et al., 2015).

Die Metaanalyse von Liao, Chen, Huang, & Liou (2019), welche Proteinsupplementation und Krafttraining bei älteren Personen mit hohem Sarkopenie- und Gebrechlichkeitsrisiko behandelt, zeigt, dass die Kombination der beiden Interventionen einen größeren Effekt auf fettfreie Masse, Beinkraft und Leistungsfähigkeit beim Gehen hatte, als reines Krafttraining. Ein früheres Review von Liao et al. (2017), bei dem Studien von übergewichtigen und fettleibigen älteren Personen analysiert wurden, zieht übereinstimmende Schlüsse.

1.4 Kontroverse Ergebnisse zur Wirksamkeit von Proteinsupplementation

Cermak, et al. (2012) betrachteten Studien, die Krafttrainings über mindestens sechs Wochen durchführten mit mindestens zwei Einheiten pro Woche in Verbindung mit Proteinsupplementation beziehungsweise Placebos. Für die Homogenität der Metaanalyse wurden nur die gesunden Personen der Studien ausgewählt. Die Ergebnisse wurden nach jung (bis 49 Jahre) und alt (50+, Durchschnitt 62 ± 6 Jahre) aufgeteilt. Für die insgesamt 215 älteren TeilnehmerInnen der inkludierten Studien konnte erst eine signifikante Zunahme der fettfreien Masse gegenüber der Placebogruppe festgestellt werden, als diese zusammengefasst in einem Datenpool untersucht wurden. Nachdem aber Verbesserungen bei der fettfreien Masse und bei dem 1-Repetition Maximum für die Beinpresse beobachtet wurden, scheint eine Proteinsupplementation dennoch ein effektiver Weg um die vorteilhafte Wirkung von Krafttraining bei gesunden Erwachsenen, Jung und Alt, zu verstärken (Cermak et al., 2012).

Das Ziel des Reviews von Gade, Pedersen, & Beck (2018) war es, Effekte der Proteinsupplementierung zuschreiben zu können. Die Interventionsdauer der Studien betrug mindestens 5 Wochen und das Durchschnittsalter der ProbandInnen über 60 Jahre. Trotz der weiteren strikten Einschluss- (u.a. Kontrollgruppen, die Krafttraining mit oder ohne Placebo durchgeführt haben und nur Messgrößen mit hoher Relevanz für die physische Rehabilitation bei älteren Personen) und Ausschlusskriterien (u.a. Retrospektiven, unkontrollierte Studien, Reviews, wenn spezifische Krankheiten behandelt wurden oder wenn andere Supplemente, die Muskelhypertrophie unterstützen oder unterstützen könnten, eingenommen wurden) sind die Studiendesigns zu unterschiedlich, um die Ergebnisse zusammengefasst auszuwerten. 6 der 16 Studien zeigen einen

signifikanten Effekt von Proteinsupplementation auf einen oder mehrere Parameter: Körperzusammensetzung, Muskelkraft und physische Leistungsfähigkeit. Von diesen Studien befassten sich zwei mit sarkopenischen und eine Studie mit gebrechlichen älteren Personen. Von den drei Studien bei denen gesunde, ältere Personen signifikante Verbesserungen zeigten, wurde eine Studie (Trabal et al., 2015) in einem Pflegeheim durchgeführt, in der das Durchschnittsalter der ProbandInnen über 84 Jahre betrug. Dabei wurde nicht berücksichtigt, wie viele der TeilnehmerInnen Sarkopenie hatten. Gade et al. (2018) nehmen jedoch an, dass ein großer Teil betroffen gewesen sein muss, nachdem ab 80 Jahren die Prävalenz für verringerte Muskelmasse bei 50 % liegt (Morley et al., 2014). Im Gegensatz dazu wurden 9 der 10 Studien, die keinen signifikanten Unterschied fanden, mit gesunden älteren Personen durchgeführt. Lediglich eine dieser Studien inkludierte Personen mit Sarkopenie. Die Beweise der Wirkung von zusätzlicher Proteinsupplementation zu Krafttraining sind schwach und inkonsistent, in machen Studien vorhanden und in anderen wiederum nicht. Die Erkenntnisse dieses Reviews weisen darauf hin, dass gebrechliche Menschen und Menschen mit Sarkopenie mehr Nutzen von der Supplementierung haben als gesunde Personen. Jedoch ist mehr Forschung notwendig, um dies zu bestätigen und die Interpretation bezüglich der Relevanz des Studiendesigns zu erlauben (Gade et al., 2018).

Cermak et al. (2012) ziehen den Schluss, dass Personen über 65 Jahren, insbesondere gebrechliche Personen, durch ein Krafttrainingsprogramm mit Proteinsupplementation einen größeren Zuwachs an fettfreier Masse erzielen würden. Die Begründung dafür sei die zu geringe Proteinaufnahme durch Nahrung von gebrechlichen Personen dieser Altersklasse und daher stünden nur unzureichend Aminosäuren für die Muskelprotein Synthese zur Verfügung.

Auch Xu, Tan, Zhang, Gui, & Yang (2014) befassten sich in ihrer Arbeit mit widersprüchlichen Aussagen unterschiedlicher Studien hinsichtlich der Verbesserung von fettfreier Masse und Muskelkraft durch Proteinsupplementation. Sie merken an, dass diese Widersprüche durch Unterschiede im Studiendesign, Wirksamkeit der Supplemente oder der getesteten Population herrühren. So könne zum Beispiel der gesundheitliche und physische Zustand der ProbandInnen das Ergebnis beeinflussen.

Finger et al. (2015) haben randomisierte, kontrollierte Studien mit ProbandInnen zwischen 61 und 79 Jahren untersucht, bei denen die Krafttrainingsintervention mindestens sechs Wochen dauerte und Protein oder Aminosäuren supplementiert wurden. In drei der

untersuchen Studien wurde Protein in Relation zum Körpergewicht aufgenommen, in sechs Studien wurde eine festgelegte Menge Protein am Tag als Vorgabe gewählt. Die Studiendesigns waren jedoch sehr unterschiedlich, was einen genaueren Vergleich erschwerte. Trotz der Limitationen bietet das Review einen Einblick in die Rolle von Protein, da es während der Krafttrainingsperioden als einziges supplementiert wurde. Kombinierte Proteinsupplementation mit Krafttraining erhöhte den Anteil der fettfreien Masse im Körper, scheint aber laut dem Review keine Auswirkung auf Muskelkraft oder Muskelmasse zu haben.

1.5 Keine Verbesserung durch Proteinsupplementation

Eine Metaanalyse von neun randomisierten, Placebo-kontrollierten Studien fand keine positiven Auswirkungen von Protein und Aminosäure Supplementen auf die fettfreie Masse oder Muskelkraft (gemessen durch beidbeinige Beinpresse oder Beinstrecker) in einer gemischten älteren Population. Allerdings gibt es einige Punkte, die bei der Interpretation der Ergebnisse des Reviews kritisch betrachtet werden sollten. So wurden auf Grund der Limitationen der Studien im Zuge der Metaanalyse unter anderem Geschlecht, allgemeine physische Leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität primär nicht einbezogen (Xu et al., 2014).

Bei der Studie von Leenders et al. (2013) nahmen 60 gesunde, ältere Männer und Frauen (70 ± 1 Jahre) teil, die ein 24-wöchiges Krafttrainingsprogramm absolvieren sollten und zufällig der Interventions- oder der Placebogruppe zugeteilt wurden. Die zusätzliche Proteinaufnahme der Interventionsgruppe erfolgte durch einen Proteinshake nach dem Frühstück, wobei die ProbandInnen 15 Gramm Protein pro Tag aufnahmen. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass Krafttraining sich positiv auf Muskelmasse, Kraft und andere Faktoren auswirkte. Allerdings schien die Proteinsupplementation keinen zusätzlichen Effekt zu erzielen (Leenders et al., 2013). Dies könnte an einer zu geringen Supplementation liegen, da die Empfehlungen für die Proteinaufnahme bei älteren Personen allgemein höher sind, insbesondere steigt der Proteinbedarf bei körperlicher Betätigung noch weiter an.

In einem weiteren systematischen Review von Thomas, Quinn, Saunders, & Greig (2016) wurden 15 kontrollierte Studien mit insgesamt 917 TeilnehmerInnen (Durchschnittsalter: 77,4 Jahre) untersucht, bei denen ein Krafttraining mit und ohne Protein-/essentielle Aminosäuren Supplementation durchgeführt wurden. Betrachtet wurden Studien mit

gesunden ProbandInnen, als auch Studien mit ProbandInnen, die als gebrechlich und sarkopenisch beschrieben wurden. Die Ergebnisparameter inkludierten Muskelkraft, Muskelgröße, funktionelle Fähigkeiten und Körperzusammensetzung. Insgesamt hat die zusätzliche Proteinsupplementation die Effekte der Krafttrainings auf die Ergebnisparameter nicht signifikant verbessert. Ausnahmen sind einige Messungen der Muskelkraft (drei Studien) und der Körperzusammensetzung (zwei Studien). Auf Grund der unterschiedlichen Methoden der Studien waren die Resultate der Metaanalyse nicht aussagekräftig.

1.6 Forschungsfrage

Wie in den vorangegangenen Punkten beschrieben gibt es Uneinigkeit darüber, welche Proteinmenge für ältere Personen (ab 65 Jahren) zu empfehlen ist. Des Weiteren scheint der aktuelle Forschungsstand widersprüchliche Ergebnisse vorzuweisen, ob eine erhöhte Proteinaufnahme in Verbindung mit Trainings bessere Resultate erzielt als Training allein. Bisher haben unterschiedliche Studiendesigns Vergleiche erschwert. Zusätzlich wurde in den meisten Studien die Proteinzufuhr über Supplemente gesteuert und die Proteinaufnahme über die Nahrung nicht oder nur wenig betrachtet. Weitere Forschung ist in diesem Bereich erforderlich, wobei die Anwendung einheitlicher Studiendesigns eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien langfristig möglich machen könnte.

Es sind randomisierte Langzeitstudien mit vielen TeilnehmerInnen gefragt um zu sehen, ob die Ergebnisse von kürzer andauernden Studien vergleichbar sind und die positiven Effekte von erhöhter Proteinaufnahme durch die Nahrung auf Muskelmasse, -funktion und die allgemeine Gesundheit langfristig erhalten bleiben (Deer & Volpi, 2015). Darüber hinaus sollten die längerfristigen Interventionen bei älteren Personen Proteinaufnahmen beinhalten, die über der empfohlenen Menge liegen, um die Wirksamkeit der erhöhten Proteinaufnahme auf den Status der Muskeln nachweisen zu können (Traylor, Gorissen, & Phillips, 2018).

Die NutriAging Protein Studie, die im empirischen Teil dieser Arbeit als Basis herangezogen wird, erfüllt die Anforderungen an eine große (über 150 ProbandInnen zu Beginn), randomisierte, kontrollierte Studie zum Thema Proteinaufnahme bei älteren Personen. Die Studie entspricht außerdem der Voraussetzung höhere Proteindosen als allgemein empfohlen zu untersuchen (Traylor et al., 2018). Denn neben dem im deutschsprachigen Raum empfohlenen 1 g Protein/kg Körpergewicht/Tag für ältere

Personen („Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr D-A-CH,” 2019), das eine der beiden Interventionsgruppen erhalten hat, hat die andere Gruppe eine Proteinmenge von 2 g Protein/kg Körpergewicht/Tag aufgenommen.

Zusammengefasst wurde in der NutriAging Protein Studie die Auswirkung einer optimierten Ernährung (Protein) mit und ohne Krafttraining auf Muskelkraft, Leistungsfähigkeit und die allgemeine Gesundheit untersucht. Die NutriAging Protein Studie befasst sich mit einer Vielzahl an Parametern, um die Leistungsfähigkeit festzustellen und beinhaltet ein Ganzkörperkrafttrainingsprogramm. Im Verlauf der Studie haben sich mehrere Bachelor- und Masterarbeiten ergeben. In der vorliegenden Arbeit werden vor allem Kraftparameter der unteren Extremitäten über den Zeitraum der Trainingsperiode betrachtet.

Daraus ergibt sich für diese Arbeit folgende Forschungsfrage: Wie wirken sich verschieden hohe Proteinsupplementierungen in Verbindung mit einem Krafttraining auf die Kraftparameter beziehungsweise die Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten aus?

2 Methodik

Im Zuge der NutriAging Studie haben sich auf Grund der Mitarbeit von StudentInnen der Sport- und Ernährungswissenschaften einige Master- und Bachelorarbeiten ergeben, welche Teilbereiche der Studie behandeln. Daher kann es in der vorliegenden Arbeit zu Überschneidungen bei der Beschreibung der Methodik mit anderen Arbeiten kommen. In dieser Arbeit wird nur ein Teil der Studie (Substudie: NutriAging Protein) behandelt beziehungsweise nur ein Teil der Daten betrachtet und analysiert, somit werden auch nur die relevanten Testungen in der Methodik beschrieben.

2.1 Studiendesign

Bei der Studie handelt es sich um ein randomisiertes, kontrolliertes und Beobachter-blindes Studiendesign für drei Parallelgruppen. Dabei sollte untersucht werden, welche Auswirkungen eine erhöhte Proteinaufnahme in Verbindung mit Krafttraining auf die Leistungsfähigkeit älterer Personen hat. Die Ergebnisse wurden mit der Gruppe verglichen, die eine geringere Proteinaufnahme im Trainingszeitraum aufwies, sowie mit der Kontrollgruppe. Die TeilnehmerInnen der Kontrollgruppe führten weder die Ernährungs- noch die Trainingsintervention durch.

2.1.1 Zeitlicher Ablauf der Studie

Die Vorbereitungen für die Studie begannen mit Februar 2018. Das Team wurde zusammengestellt, Interventionsphasen und Testabläufe festgelegt, PartnerInnen und SponsorInnen gesucht und ProbandInnen akquiriert. Der Start der Studie erfolgte im Juli 2018. In den vier Wochen vor Studienbeginn wurden Voruntersuchungen durchgeführt, um zu bewerten, ob die ProbandInnen die Einschlusskriterien erfüllten. Nachdem die für die Studie ausgewählten TeilnehmerInnen eine Einverständniserklärung unterschrieben hatten, wurden sie zufällig einer der drei Studiengruppen zugewiesen. Es gab eine Kontrollgruppe (CT), die an keiner der Interventionen teilnahm und die beiden Interventionsgruppen, bestehend aus Low Protein (LP) und High Protein (HP) Gruppe. Abbildung 4 stellt den zeitlichen Ablauf der Studie grafisch dar.

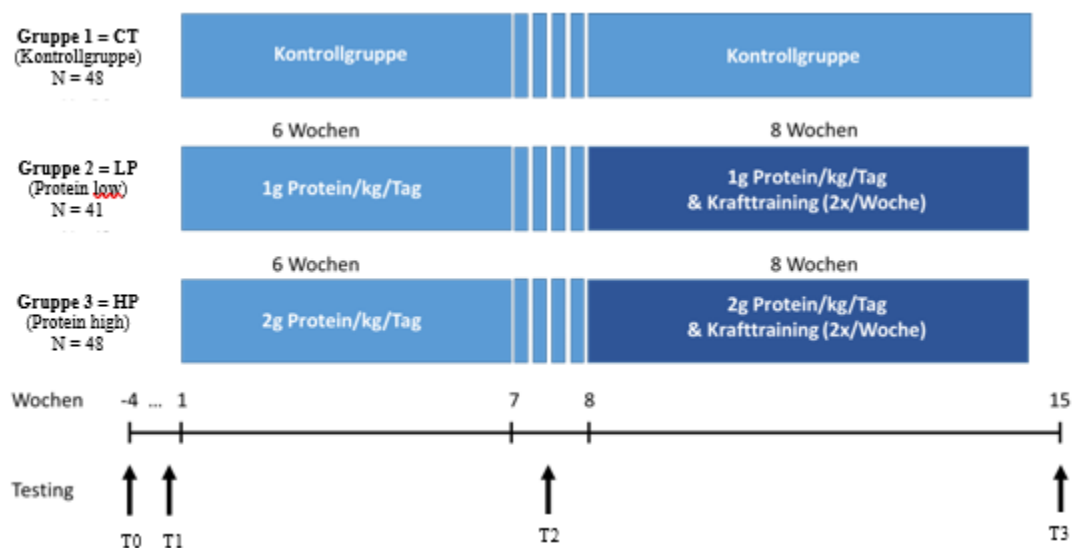


Abbildung 4: Zeitlicher Ablauf der Studie

Der Zeitraum der ersten Testungen wird in Abbildung 4 durch eine 4-wöchige Vorbereitungsphase zwischen T0 und T1 dargestellt. Zum Zeitpunkt T1 fanden die Eingangsuntersuchungen statt. Darauf folgte die 6-wöchige Ernährungsintervention. In dieser Zeit lernten die ProbandInnen der beiden Interventionsgruppen die geforderte Menge an Protein über die Nahrung aufzunehmen. Nach der Ernährungsintervention folgte, zum Zeitpunkt T2, die Zwischenuntersuchung. Die Testungen waren ident mit jenen der Eingangsuntersuchung zum Zeitpunkt T1. Von Woche 8 bis 16 erfolgte die Trainingsintervention mit Beibehaltung der zuvor angepassten Ernährungsgewohnheiten. Die Trainingsintervention bestand aus einem Krafttraining, welches zwei Mal wöchentlich stattfand. Nach Beendigung der Trainingsintervention wurden Abschlussuntersuchungen, zum Zeitpunkt T3, durchgeführt. Mit 21.12.2018 waren alle Interventionen und Testungen abgeschlossen.

2.1.2 Ablauf der Eingangs-, Zwischen- und Enduntersuchungen

Die ProbandInnen kamen für die Untersuchungen innerhalb einer Woche zu zwei Terminen zum Institut für Sportwissenschaft (Auf der Schmelz 6, 1150 Wien). Montags oder dienstags absolvierten die ProbandInnen den ersten Teil der Untersuchungen; mittwochs, donnerstags oder freitags den zweiten Teil. In Abbildung 5 ist der Ablauf der ersten Untersuchungstermine ersichtlich.

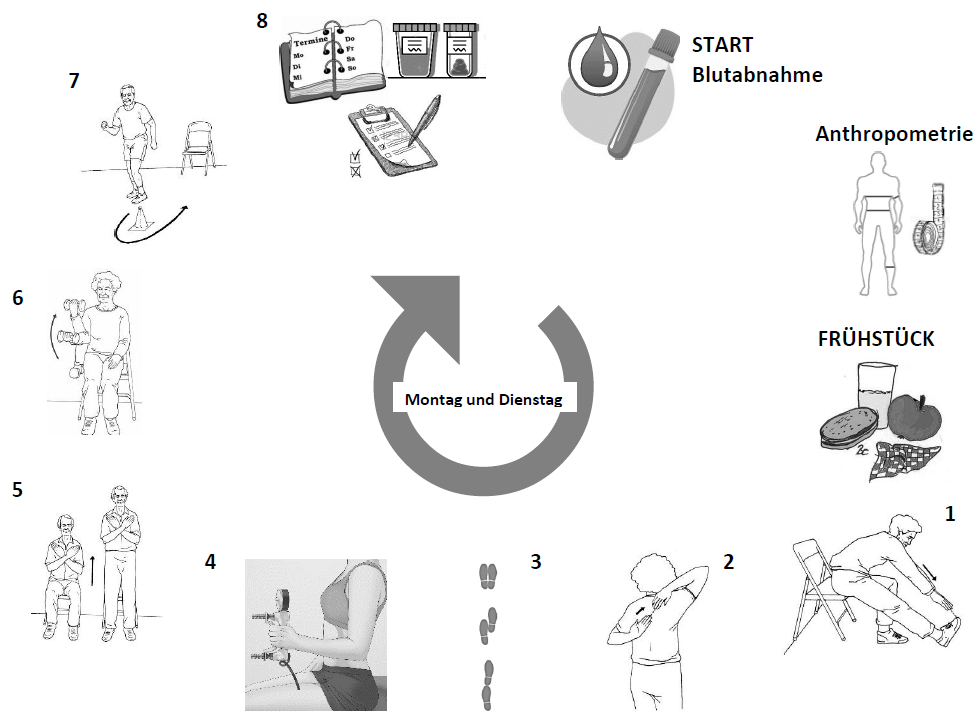


Abbildung 5: Ablauf Testtag 1

Wie in Abbildung 5 dargestellt, kamen die ProbandInnen montags oder dienstags nüchtern zu den Testungen, damit die Blutabnahme vorgenommen werden konnte. Anschließend wurden Gewicht, Taillen-, Hüft-, Waden- und Oberarmumfang gemessen. Danach hatten die ProbandInnen 20 bis 30 Minuten Zeit, um zu frühstücken und zu pausieren, bevor sie den ersten Teil der sportmotorischen Tests absolvierten. Es wurden sieben Stationen in gleichbleibender Reihenfolge absolviert: Chair Sit and Reach Test, Back Scratch Test, Statisches Gleichgewicht, Handgriffkraft, 30 Sekunden Aufstehtest, 30 Sekunden Arm Curl Test sowie Timed Up and Go Test. Eine genauere Beschreibung der für diese Arbeit relevanten Tests folgt unter Punkt 2.3. Ebenso wurde das Studienbuch besprochen, sowie Fragebögen (IPAC 50+, SF 36) zum Ausfüllen und ein Kit für Proben mitgegeben. Abbildung 6 zeigt den Ablauf der zweiten Untersuchungstermine.

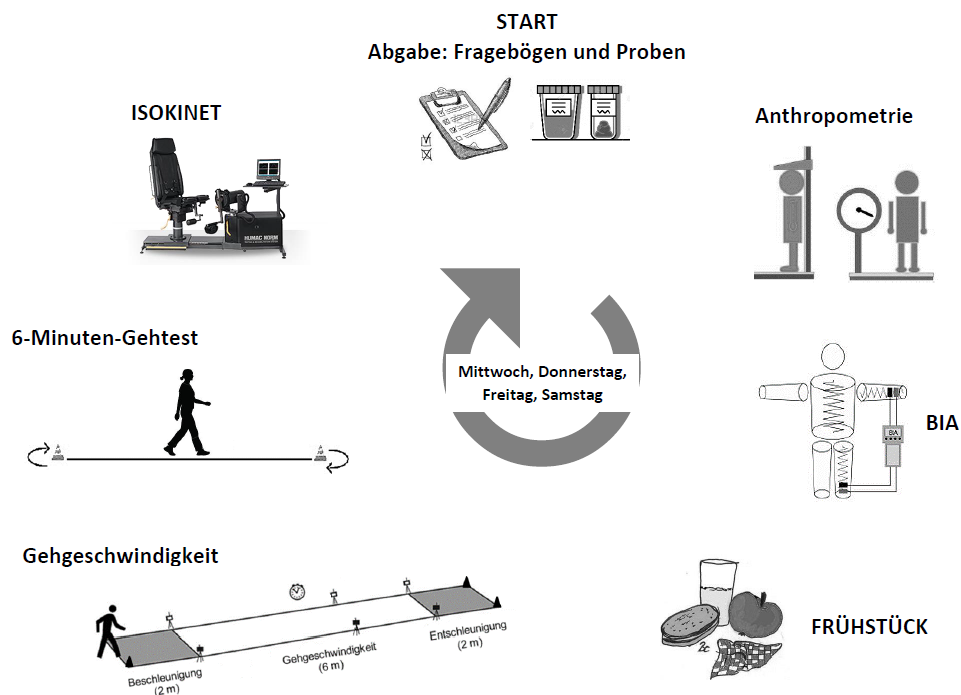


Abbildung 6: Ablauf Testtag 2

Hier wird auch der Samstag als Testtag angeführt. Nachdem aber alle Testungen des zweiten Teils zwischen Mittwoch und Freitag abgeschlossen werden konnten, wurde der Samstag nicht als Testtag benötigt. An dem jeweils zweiten Untersuchungstag wurden zuerst die beim vorherigen Termin erhaltenen Fragebögen und Probenbehälter abgegeben. Im Anschluss wurden Größe und Gewicht vermessen und eine bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) im Liegen durchgeführt. Noch während die ProbandInnen sich in liegender Position nach der BIA befanden, wurden Ruhepuls und Blutdruck gemessen. Im Anschluss hatten die ProbandInnen wieder Zeit zu frühstücken und zu pausieren. Darauf folgte der zweite Teil der sportmotorischen Tests. Es wurden Gehgeschwindigkeiten (selbst gewähltes Tempo und maximal) gemessen, ein 6 Minuten Gehtest durchgeführt und Messungen mittels eines isokinetischen Dynamometers (Humac NORM isokinetic dynamometers) vorgenommen. Diese beinhalteten Messungen verschiedener Kraftparameter der unteren Extremitäten.

2.2 ProbandInnen

Bei den TeilnehmerInnen handelte es sich um selbstständig lebende SeniorInnen sowie Personen, die Pensionistenklubs der Kuratorium Wiener Pensionisten-Wohnhäuser (KWP)

besuchten. Darüber hinaus gab es mehrere Ein- und Ausschlusskriterien, die im folgenden Unterpunkt beschrieben werden.

2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Um für die Teilnahme an der Studie geeignet zu sein, mussten alle Einschlusskriterien erfüllt sein und es durfte kein einziges Ausschlusskriterium zutreffen.

Einschlusskriterien:

- Männer und Frauen zwischen 65 und 85 Jahren
- Mini Mental State > 23
- Ohne Hilfsmittel (Gehstock, Rollator oder Ähnlichem) selbstständig mobil

Ausschlusskriterien:

- Chronische Erkrankungen die keine Trainingstherapie zulassen
- Schwerwiegende kardiovaskuläre Krankheiten (instabile Angina Pectoris, dekompenzierte Herzinsuffizienz, unbehandelte Arrhythmien, schwerwiegende pulmonale Hypertonie, schwerwiegende oder symptomatische Aortenstenose, unbehandelte arterielle Hypertonie) (Williams et al., 2007)
- Diabetische Retinopathie
- Manifeste Osteoporose
- Frailty Index ≥ 3 (Fried et al., 2001)
- Regelmäßige Einnahme von Cortison-haltigen Medikamenten oder Antibiotika im Zeitraum von 6 Monaten vor der Aufnahme in die Studie
- Regelmäßiges Krafttraining (mehrmals pro Woche) im Zeitraum von 6 Monaten vor der Aufnahme in die Studie
- Fehlen des schriftlichen Einverständnisses, um die körperliche Leistungsfähigkeit zu testen

2.2.2 Rekrutierung

Die Rekrutierung erfolgte über mehrere Wochen. Vorerst wurden Aushänge in mehreren Pensionistenklubs in Wien verteilt, um die kommenden Informationsveranstaltungen anzukündigen. Daraufhin wurden die Informationsveranstaltungen über einen Zeitraum von vier Wochen in eben diesen Klubs abgehalten, um mit potenziellen TeilnehmerInnen in Kontakt zu treten und die Studie vorzustellen. Interessierten wurde die Möglichkeit geboten, sich direkt im Anschluss an die Vorträge vormerken zu lassen, oder sich im Laufe der Woche in eine Liste, die in den Klubs aushing, einzutragen. Zusätzlich wurden in diesem Zeitraum auch Flyer in Apotheken, Brillenfachgeschäften und Wartezimmern von Ärzten aufgelegt.

Anfang Juli wurde darüber hinaus ein Zeitungsbericht in der Tageszeitung *Kurier* veröffentlicht, um weitere StudienteilnehmerInnen zu rekrutieren. Eine Woche nach der Kontaktaufnahme mit den Interessierten fand eine Informationsveranstaltung statt, welche mehr Details zur Studie vermittelte und erste aufkommende Fragen klären sollte. Ebenso wurde Informationsmaterial für Angehörige mitgegeben.

Für alle Personen, die nach den Informationsveranstaltungen weiterhin Interesse bekundeten, an der Studie teilzunehmen, wurde ein Einzeltermin bei der Studienärztin Dr. Eva-Maria Strasser vereinbart. Einerseits konnten die Interessierten während des Einzeltermins nochmals Fragen stellen. Andererseits wurde ihre medizinische, geistige und körperliche Eignung gemäß Ein- und Ausschlusskriterien geprüft und somit festgestellt, ob eine Teilnahme an der Studie möglich ist. Die Teilnahme durfte erfolgen, wenn alle Einschlusskriterien erfüllt waren und keines der Ausschlusskriterien zutraf.

2.2.3 Voruntersuchung

Bis zu vier Wochen vor dem Studienbeginn fanden die Voruntersuchungen, durchgeführt von Frau Dr. Eva-Maria Strasser und ihrem Team, statt. Geprüft wurden die Ein- und Ausschlusskriterien, Vorliegen von Krankheiten, Medikationen, Selbstständigkeit (Barthel-Index) und die Ernährungsgewohnheiten. Für die Ernährungsgewohnheiten wurde ein Protokoll zur Feststellung der Proteinaufnahme ausgefüllt. Dann wurde auf Grund der vorliegenden Daten über die Aufnahme oder Nicht-Aufnahme in die Studie entschieden. Wenn der/die ProbandIn in die Studie aufgenommen wurde, musste eine Einverständniserklärung unterschrieben werden, sonst war eine Teilnahme nicht möglich. Nachdem die Aufnahme in die Studie endgültig beschlossen war und die

Einverständniserklärung unterzeichnet wurde, wurden die ProbandInnen randomisiert einer der Interventionsgruppen oder der Kontrollgruppe zugewiesen.

2.2.4 Randomisierung

Die Einteilung der TeilnehmerInnen der Studie in eine der drei Gruppen erfolgte nach den ersten Messungen der Zielparameter zum Zeitpunkt T1 mit Hilfe des online Randomisierungstools der Medizinischen Universität Graz (Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation, www.randomizer.at). Es wurden Stratifikationen nach dem Geschlecht und dem Alter vorgenommen. Da Männer und Frauen beziehungsweise Jüngere und Ältere sich in der Trainierbarkeit unterscheiden könnten, wurden diese zwei Parameter berücksichtigt, um die Vergleichbarkeit der Gruppen zu gewährleisten. Die vier Altersgruppen waren folgend definiert: Altersgruppe 1 (65 bis 69,9 Jahre), Altersgruppe 2 (70 bis 74,9 Jahre), Altersgruppe 3 (75 bis 79,9 Jahre) und Altersgruppe 4 (80 bis 85 Jahre).

2.3 Relevante Messungen

Nach der Eingangsuntersuchung und der randomisierten Einteilung in eine der drei Gruppen, wurde mit den Testungen begonnen. Unter 2.1.2 Ablauf der Eingangs-, Zwischen- und Enduntersuchungen wurde die Gesamtheit der Tests kurz dargestellt. Die für die vorliegende Arbeit relevanten Tests und Übungen werden hier genauer beschrieben, wobei zwischen primären und sekundären Parametern unterschieden wird.

2.3.1 Primäre Parameter

Als primären Parameter wurden für diese Arbeit die Daten des isokinetischen Dynamometers sowie die Progression der Krafttrainingsübungen der unteren Extremitäten an Trainingsmaschinen herangezogen. Sie werden auf Veränderungen zwischen der Baseline und der Abschlussuntersuchung überprüft. Die Parameter des isokinetischen Dynamometers sollen anzeigen, welche Auswirkungen die Ernährungs- in Verbindung mit der Trainingsintervention auf die Stärkung der unteren Extremitäten gehabt haben. Die Krafttrainingsübungen werden in Hinblick auf die Veränderung der Trainingsvolumina (Progression) untersucht.

Isokinetische Dynamometrie

Die Messungen mittels des isokinetischen Dynamometers (Humac NORM isokinetic dynamometers - CSMi, Stoughton, MA), welches in Abbildung 7 gezeigt wird, wurden am

rechten Bein vorgenommen. Nur bei medizinischen Kontraindikationen das rechte Bein betreffend wurden die Messungen auf der linken Seite durchgeführt. Die ProbandInnen wurden über den Testablauf informiert. Der Drehmessstuhl wurde gemäß der anthropometrischen Voraussetzung der ProbandInnen angepasst. Die Rückenlehne wurde in einem Winkel von 5° zurück gekippt. Damit zusätzliche Bewegungen keinen Einfluss auf die Messungen hatten, wurden Oberschenkel, Hüfte und Schultern mit Gurten fixiert. Die Testpersonen wurden so platziert, dass sich die Drehachse des Dynamometers und die transversale Kniegelenksachse in einer Linie befanden. Danach wurde der verstellbare, gepolsterte Adapter am distalen Ende der Tibia (fünf Zentimeter über dem seitlichen Malleolus) mit einem Gurt befestigt. Die ProbandInnen sollten das Bein einmal soweit es ging strecken, um den Bewegungsumfang zu ermitteln. Daraus errechnete das Programm den Umfang zwischen 90°-160°. Erst wurde eine isometrische, gefolgt von isotonischen Messungen durchgeführt. Jeder Durchgang des Tests sollte mit höchstmöglicher Anstrengung ausgeführt werden.

Für den isometrischen Test wurde der Arm des Dynamometers bei 90° Kniewinkel fixiert. Nun sollten die ProbandInnen durch eine versuchte Kniestreckung über fünf Sekunden auf den Arm des Dynamometers einwirken. Es wurden zwei Wiederholungen mit zehn Sekunden Pause durchgeführt. Gemessen wurde dabei die Maximalkraft in Newtonmeter (Nm). Dann wurden vom höheren Kraftwert jeweils 50% und 25% errechnet. Diese Werte wurden, wie weiter unten beschrieben, für die weiteren Tests am isokinetischen Dynamometer benötigt.

Zu Beginn des zweiten Abschnitts des Tests, den isotonischen Messungen, führten die ProbandInnen fünf Mal ballistische Kniestreckungen gegen den konstanten Widerstand von einem Newtonmeter aus. Dies galt als kurzes Aufwärmen und Gewöhnen an das Bewegungsmuster für die darauffolgenden Messungen. Das Strecken des Beins sollte so schnell und kräftig wie möglich erfolgen, die Beugung in die Startposition (bei 90°) erfolgte passiv. Es wurden je zwei explosive Wiederholungen gegen den Widerstand von 50%, 25% und 0% der isometrischen Maximalkraft durchgeführt. In diesem Fall stehen 0% für einen Newtonmeter, da null Newtonmeter Widerstand maschinell nicht möglich waren. Zwischen den zwei Wiederholungen lagen fünf Sekunden. Aufgezeichnet wurden die Maximalgeschwindigkeit in %/s und die Maximalkraft in Nm (van Driessche, van Roie, Vanwanseele, & Delecluse, 2018).



Abbildung 7: Isokinetischer Dynamometer Humac NORM (isokinetic dynamometers - CSMi, Stoughton, MA); Quelle: <https://csmi-solutions.com/products/isokinetic-extremity-systems/humac-norm>

Relevante Übungen aus dem Trainingsprogramm

Beinbeuger sitzend: Diese Übung war Bestandteil des Krafttrainingsprogramms zur Stärkung der ischiocrurale Muskulatur und wurde mit Hilfe einer Trainingsmaschine durchgeführt (siehe Abbildung 8). In der Ausgangsposition war das Knie gestreckt, aber nicht mit Gewicht belastet. Das Knie wurde auf den Drehpunkt des Gewichtsarms ausgerichtet. Das Kniegelenk sollte gegen den Widerstand maximal gebeugt werden und das Gewicht langsam und kontrolliert wieder zurückgeführt werden. Während eines Satzes sollte das Gewicht nicht abgesetzt werden. Bei der Bewegungsausführung wurde darauf geachtet, dass sich die Positionen der Hüfte und der Wirbelsäule nicht änderten.



Abbildung 8: Veranschaulichung der Übung „Beinbeuger“; Quelle: <https://www.fitundattraktiv.de/beincurls-legend-sitzend-oder-stehend/>

Beinpresse: Ebenso als Teil des Krafttrainingsprogramms wurde die Übung an einem Trainingsgerät (sitzend) zur Stärkung der Gluteus und Quadrizeps Muskeln durchgeführt (siehe Abbildung 9). In der Ausgangsposition wurden die Füße hüft- bis schulterbreit auf der Druckplattform abgestellt, Zehenspitzen und Knie befanden sich etwa auf einer Höhe. Die Hüfte lag auf der Sitzfläche auf und die Wirbelsäule war in einer neutralen und gestreckten Position. Dann sollten, mit gleichmäßigem Druck über die ganze Fußsohle, die Beine gestreckt und langsam wieder gebeugt werden. Besonderes Augenmerk war in der Streckphase darauf zu legen, dass die Beine im Kniegelenk nicht überstreckt wurden. Es wurde darauf geachtet, dass – bei einer Verbesserung der Beweglichkeit in der Hüfte während der Trainingsperiode – der volle Bewegungsradius genutzt wurde.



Abbildung 9: Veranschaulichung der Übung „Beinpresse“; Quelle: <https://www.fitundattraktiv.de/beinpresse-einbeinig-sitzend-und-horizontal/>

Berechnung der Progression in den beiden oben genannten Übungen:

Die Progression beschreibt die Änderung des absolvierten Trainingsvolumens pro Trainingseinheit im Laufe der Krafttrainingsperiode. Für die Berechnung des Trainingsvolumens für eine Übung wird das bewegte Gewicht mit der Wiederholungsanzahl multipliziert. Diese Zahl wird für jeden Satz berechnet und anschließend addiert.

2.3.2 Sekundäre Parameter

Die sekundären Parameter beschreiben die Ergebnisse der sportmotorischen Testungen, die mit der funktionellen Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten zu tun haben. Diese wurden bei T1, T2 und T3 erhoben. Die Daten zu T2 und T3 wurden verwendet, um Kraftzuwächse der primären Parameter mit Verbesserungen bei den funktionellen Tests der unteren Extremitäten zu vergleichen.

30 Sekunden Aufstehtest

Für den Aufstehtest war ein Stuhl ohne Armlehnen und mit einer Sitzhöhe von 46 Zentimetern erforderlich. Dieser wurde aus Sicherheitsgründen und zur Unterstützung an die Wand gestellt. In der Ausgangsposition saßen die ProbandInnen mit dem Rücken an der Lehne und den Armen vor der Brust überkreuzt. Die Füße standen flach auf dem Boden. Damit eine Wiederholung als gültig angenommen wurde, mussten sich die ProbandInnen aus der Ausgangsposition in den aufrechten Stand (Hüfte und Knie gestreckt) stellen und nach dem Hinsetzen mit dem Rücken wieder die Lehne berühren. Um das Mithelfen der Arme zu vermeiden, wurden sie vor der Brust gekreuzt. Innerhalb von 30 Sekunden sollten möglichst viele Wiederholungen ausgeführt werden. Ein Versuch knapp vor Ablauf der Zeit war dann gültig, wenn mehr als 50% des Bewegungsumfangs bewältigt wurde. Die Anzahl der Wiederholungen wurden sowohl nach 20 als auch 30 Sekunden notiert. Vor Testbeginn konnte der korrekte Bewegungsablauf zwei bis drei Mal geübt werden. In Abbildung 10 wird der Bewegungsablauf für den Aufstehtest veranschaulicht (Jones, Rikli, & Beam, 1999).

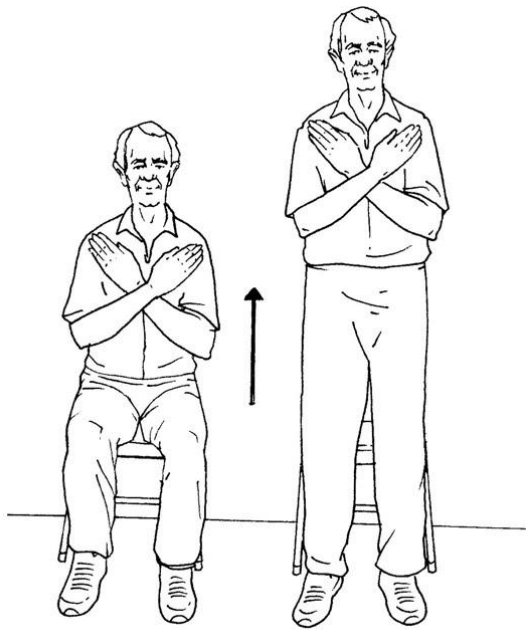


Abbildung 10: Veranschaulichung des Aufstehetests; Quelle:

<https://www.lungensport.org/files/lungensport/Handbuch%20Lungensport/online-Content/Sit%20to%20Stand%20Test.pdf>

Timed Up and Go Test

Der Timed Up and Go Test ist eine Kombination aus Aufsteh- und Gehetest (Podsiadlo & Richardson, 1991). Die Testperson saß mit aufrechtem Rücken auf einem Stuhl, Füße in leichter Schrittstellung und die Hände auf den Oberschenkeln abgelegt. Nach dem Startsignal sollte die Testperson so schnell und sicher wie möglich eine Strecke von drei Metern bewältigen, um ein aufgestelltes Hütchen herum wenden und sich dann wieder auf dem Stuhl hinsetzen. Der Versuch endet sobald das Gesäß die Sitzfläche berührte. Es gab einen Probeversuch und im Anschluss zwei Versuche, wobei der bessere (gültige) Versuch gewertet wurde. Bei diesem Test war auf geeignetes Schuhwerk zu achten. Abbildung 11 zeigt schematisch den Versuchsablauf des Timed Up and Go Test.

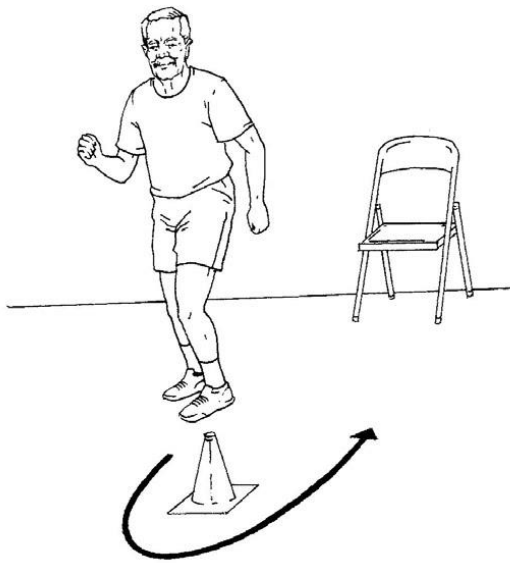


Abbildung 11: Veranschaulichung des Timed Up and Go Test; Quelle:
<https://www.sarthaks.com/14782/discuss-8-foot-up-and-go-test>

Gehgeschwindigkeit

Bei diesem Test wurde die Gehgeschwindigkeit (in m/s) gemessen, indem die ProbandInnen eine Strecke von sechs Metern möglichst schnell zurücklegen sollten (Mijnarends et al., 2013). Jeweils vor und nach dieser Strecke wurde eine Distanz von zwei Metern markiert. Die zwei Meter vor der Messung wurden genutzt, auf die höchstmögliche Gehgeschwindigkeit zu beschleunigen. Die zwei Meter danach wurden als Auslaufzone zur Entschleunigung genutzt. Somit wurde sichergestellt, dass die maximale Geschwindigkeit über sechs Meter für die Messung beibehalten wurde. Die ProbandInnen durchschritten die Distanz insgesamt vier Mal mit einer ein- bis zwei minütigen Pause zwischen den Durchgängen. Bei den ersten zwei Versuchen wurde die Geschwindigkeit gemessen, welche die ProbandInnen beim Spazieren oder Einkaufen wählen würden. Die anderen beiden Versuche sollten mit maximaler Gehgeschwindigkeit durchgeführt werden. Das Lichtschrankensystem (Brower Timing System, USA) konnte die benötigte Zeit auf 0,01 Sekunden genau messen. Abbildung 12 zeigt die Versuchsanordnung des Tests für die Gehgeschwindigkeit, jedoch betrug die Messstrecke sechs Meter statt vier oder zehn.

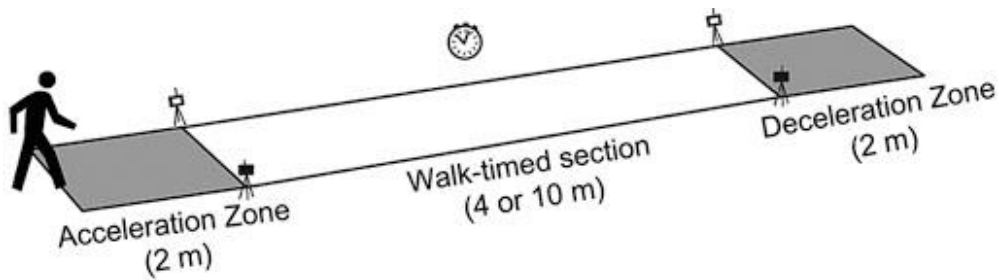


Abbildung 12: Veranschaulichung des Tests für maximale Gehgeschwindigkeit (Karpman, LeBrasseur, DePew, Novotny, & Benzo, 2014)

6 Minuten Gehtest

Beim 6 Minuten Gehtest mussten die ProbandInnen in sechs Minuten eine möglichst große Distanz zurücklegen (Rikli & Jones, 1998). Der Test fand auf ebenem, hartem Untergrund (Fliesenboden) statt. Es wurde eine Strecke von 30 Metern mittels am Boden befestigten Maßbändern markiert, damit nach dem Ablauf der sechs Minuten die zurückgelegte Distanz genau ermittelt werden konnte. Die Umkehrstellen wurden mit kleinen Hütchen markiert. Am Anfang und am Ende der 30 Meter Strecke wurde jeweils ein Stuhl hingestellt. Es wurde darauf geachtet, dass die Stühle nicht im Laufweg standen, jedoch nah genug damit pausiert werden konnte, falls es nötig wurde. Während einer Pause wurde notiert, nach welcher Distanz sie stattfand und wie lange sie dauerte. Die Zeit lief dabei weiter. Den ProbandInnen stand es frei, die Geschwindigkeit zu verringern oder zu erhöhen, falls die Anfangsgeschwindigkeit unpassend gewählt wurde. Sie wurden minütlich über den Fortschritt der Zeit informiert. Die letzten Sekunden wurden heruntergezählt, damit die ProbandInnen mit Ablauf der Zeit sofort stehen blieben und die genaue Distanz abgelesen werden konnte. Es gab kein Aufwärmen oder Testversuche. Der Test wurde immer nur von einer Person gleichzeitig durchgeführt. Abbildung 13 zeigt eine Veranschaulichung des 6 Minuten Gehtests.

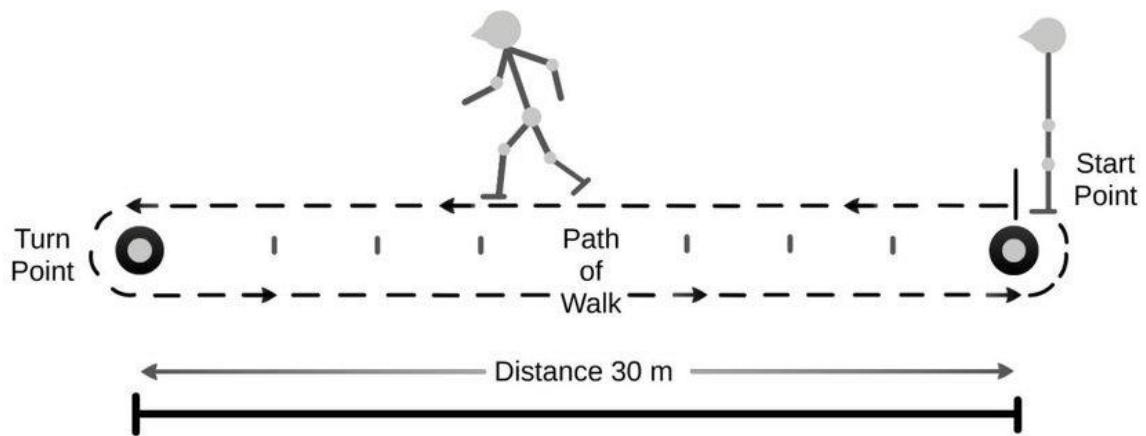


Abbildung 13: Veranschaulichung des 6 Minuten Gehtests (Benavent-Caballer, 2016)

2.4 Interventionen

In den folgenden Unterpunkten werden die Interventionen der Studie genauer beschrieben. Es wurden zwei Interventionen durchgeführt. Die Ernährungsintervention, welche sich vor allem mit der Proteinaufnahme befasst und die Trainingsintervention, die in Form eines Krafttrainings stattfand.

2.4.1 Ernährung

Die TeilnehmerInnen der beiden Interventionsgruppen lernten in den ersten sechs Wochen, die geforderte Proteinmenge über die Nahrung aufzunehmen. Die Kontrollgruppe (CT) dagegen behielt ihre üblichen Ernährungsgewohnheiten über die gesamte Dauer der Studie bei (somit keine zusätzliche Aufnahme von Protein). Für die Low Protein (LP) Gruppe musste die Proteinaufnahme täglich 1 g/kg Körpergewicht, für die High Protein (HP) Gruppe 2 g/kg Körpergewicht betragen. Diese Ernährungsweise wurde auch für die Zeit des Krafttrainings beibehalten, an dem die LP und HP Gruppen teilnahmen. Als Unterstützung für die beiden Interventionsgruppen LP und HP die geforderte tägliche Proteinmenge zu erreichen, wurden in regelmäßigen Abstand 24 Stunden Recall Interviews durchgeführt. Das bedeutet, dass die Probanden Auskunft bezüglich ihrer Ernährung innerhalb der letzten 24 Stunden gaben. Dies wurde zu Beginn in einem persönlichen Gespräch später per Telefon abgefragt (durchschnittliche Dauer 30 Minuten). Geschulte InterviewerInnen dokumentierten die Angaben zum Lebensmittelkonsum. Anschließend

wurden die Daten in die Software GloboDiet, EPIC-SOFT German version, eingetragen und analysiert (Aglago et al., 2017). Mittels dieser Software wurde die Nährstoffaufnahme, insbesondere die Proteinaufnahme, überprüft und die ProbandInnen konnten bei Unter- oder Überschreiten der vorgegebenen Menge entsprechend beraten werden. Jedes Gespräch wurde in der gleichen Konstellation von ProbandIn und InterviewerIn geführt. Zuerst wurden allgemeine Informationen wie Name, Gewicht, Größe und Geschlecht sowie Tagescharakteristika (besonderer Tag wie Feier- und/oder Festtag) erhoben. Anschließend wurde die „Quick list“ abgefragt bei der die ProbandInnen die am Vortag verzehrten Lebensmittel angaben. Diese wurden auf elf mögliche Mahlzeiten verteilt, die von vor dem Frühstück bis in die Nacht stattgefunden haben konnten. Die Daten wurden daraufhin in die Software eingetragen. In der Datenbank sind 1700 Lebensmittel gespeichert, sowie 130-350 Rezepte aus deutschen Kochbüchern. Falls kein passendes Rezept vorhanden war, konnten die Rezepte angepasst oder neu erstellt werden. Somit konnte die aufgenommene Proteinmenge genau bestimmt und notfalls angepasst werden.

Die HP Gruppe bekam zusätzlich proteinreiche Nahrung bereitgestellt, damit die ProbandInnen die geforderte Menge Protein leichter erreichen konnten. Damit beide Gruppen gleichbehandelt wurden und die aufgenommenen Kalorien der HP und der LP Gruppe gleich waren, bekam die LP Gruppen proteinärmere, kohlehydratreiche Nahrung. Beispiele für solche Nahrungsmittel sind in Abbildung 14 zu sehen.

2g / kg Körpergewicht	1g / kg Körpergewicht
NÖM Fasten Protein Drink	NÖM to Go Drink
NEOH Proteinriegel	Müsliriegel (Kornland)
Eiweiß-Brot (Mann/Ströck)	Mischbrot
Protein Shake (nach dem Training, ANOVONA)	Kohlenhydrat Shake (nach dem Training)
Erbсенprotein Sticks (Nomand Food)	-----
Proteinsuppe (Nomand Food)	Diverse Suppen
CHIEFS Protein Drinks/Pudding	Diverse Desserts/Puddings

Abbildung 14: Auswahl an Nahrungsmitteln für Interventionsgruppen

Die ProbandInnen bekamen zusätzlich ein Handbuch, welches Nährwerte und Mengen von bestimmten Lebensmitteln beinhaltete, die sie zu sich nehmen sollten. Damit die ProbandInnen nicht ständig Lebensmittel wiegen mussten, um so die Proteinzufuhr festzustellen, gab es ein Punktesystem. Ein Punkt repräsentierte 10 g aufgenommenes Protein. Je nach Gruppe und Körpergewicht musste ein tägliches und ein wöchentliches Punkteziel erreicht werden. Der Punktwert der bereitgestellten Lebensmittel war bereits festgelegt, so konnten die ProbandInnen ohne zusätzlichen Messaufwand die verzehrten Punkte in ein Protokoll einkleben. Informationen und genaue Erklärungen zu Nahrungsmitteln im Allgemeinen, zur Protokollierung mittels der Punkte sowie zu den zur Verfügung gestellten Nahrungsmitteln waren im ausgegebenen Handbuch zu finden. Die bereitgestellten proteinreichen Nahrungsmittel sollten als Zwischenmahlzeiten eingenommen werden und die üblichen Nachspeisen der normalen Mahlzeiten ersetzen. Die Beilagen sollten etwas reduziert werden, um einen Kalorienüberschuss zu vermeiden. In dem zur Verfügung gestellten Handbuch gab es außerdem Ernährungsvorschläge für verschiedene Gewichtsklassen. Diese sollten eine Orientierungshilfe für die ProbandInnen sein.

Für die LP und HP Gruppen, die im Verlauf der Studie das Krafttraining absolvierten, wurden unmittelbar nach dem Training Getränke mit Supplementen bereitgestellt. Die HP Gruppe bekam einen Shake mit 40 g Proteinpulver der Firma Anovona mit Wasser vermischt, welcher einen Wert von vier Punkten hatte. Die LP Gruppe bekam einen Shake bestehend aus 40 g Kohlehydratpulver der Firma Bulk Powders, ebenfalls mit Wasser vermengt, welcher zwei Punkte wert war.

2.4.2 Training

Nach der Ernährungsumstellung und der darauffolgenden Zwischenuntersuchung begann das achtwöchige Krafttraining. Das Training fand zwei Mal pro Woche in Kleingruppen (maximal acht Personen pro Trainer) unter Aufsicht statt. Die Einteilung in die vier Phasen des progressiven Krafttrainings ist in Abbildung 15 zu sehen.

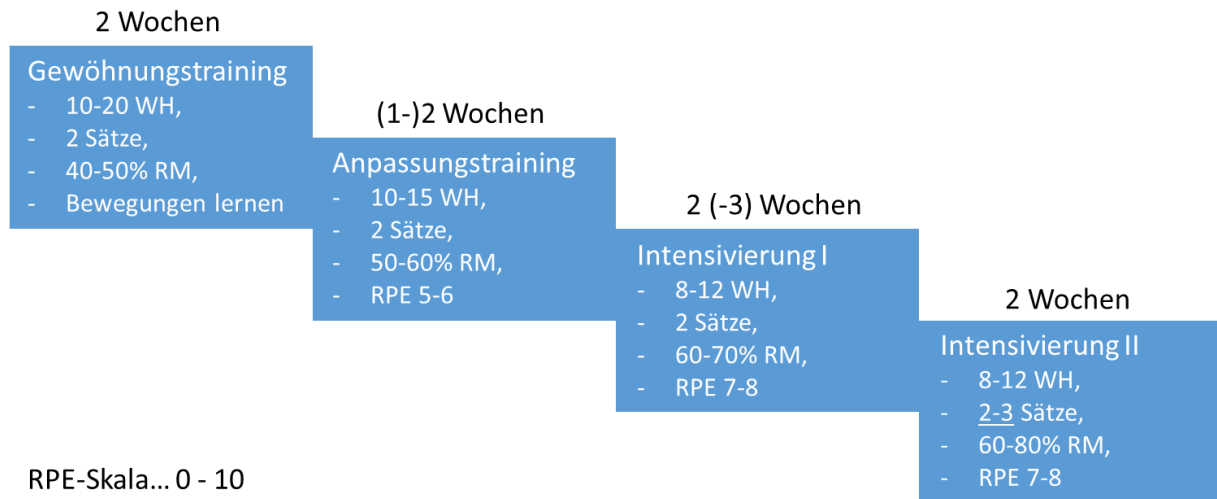


Abbildung 15: Progression des 8-wöchigen Krafttrainings

In den beiden Einheiten der ersten Gewöhnungstrainingswoche gab es eine Einführung hinsichtlich Durchführung der Übungen und korrekter Einstellung der Geräte. Pro Einheit wurden vier der acht Übungen erklärt. Beide Gewöhnungstrainingswochen wurden genutzt, um die richtigen Bewegungen zu festigen und den Trainingsablauf kennenzulernen. Dazu sollten die ProbandInnen zwei Sätze mit geringem Gewicht 10-20 Mal durchführen.

In den folgenden zwei Wochen, also während des Anpassungstrainings, sollten die ProbandInnen mit moderater Anstrengung 10-15 Wiederholungen über zwei Sätze erreichen. In der Intensivierungsphase I, also der 5. und 6. Trainingswoche, erfolgte der Übergang ins Hypertrophietraining. Das Gewicht wurde weiter gesteigert während die Wiederholungszahl auf 8-12 Wiederholungen reduziert wurde. Wenn in beiden Sätzen 12 Wiederholungen erreicht wurden, steigerten die ProbandInnen den Widerstand im nächsten Training um eine Einheit (Platte/Scheibe/Gewichtseinheit). Die Steigerung in der abschließenden Intensivierungsphase II erfolgte durch einen weiteren Satz. Dabei sollte das Gewicht zu Beginn beibehalten werden bis, wie in Intensivierungsphase I, alle Sätze mit 12 Wiederholungen bewältigt werden konnten.

Die Einheiten begannen mit einem fünf- bis zehnminütigen Aufwärmprogramm, welches die Benutzung eines Crosstrainers oder Radergometers und Übungen zur Mobilisation beinhaltete. Darauf folgte das Krafttraining bestehend aus vier Übungspaaren (A-D). Übungspaar A bestand aus Kniebeugen und einer Beinbeugerübung, Übungspaar B aus einer Latzugübung und Schulterdrücken, Übungspaar C aus Beinpresse und Stütz mit abwechselndem Beinheben und Übungspaar D aus Rudern und Brustpresse. Die Übungen

innerhalb eines Paares sollten, wenn möglich, abwechselnd durchgeführt werden. Beispielsweise sollte der erste Satz der Kniebeugen absolviert werden, dann der erste Satz bei der Beinbeuger-Maschine, im Anschluss der zweite Satz Kniebeugen und abschließender der zweite Satz am Beinbeuger. Zwischen Übungen eines Paares sollten nur 15-20 Sekunden liegen und damit genügend Zeit, um die Übung zu wechseln und die korrekte Startposition einzunehmen. Nachdem ein Satz eines Übungspaares durchgeführt wurde, betrug die Zeit für die Pause 60-75 Sekunden.

Für die richtige Ausführung ist die Dynamik, die Bewegungsgeschwindigkeit, entscheidend. Eine kürzere exzentrische Phase führt zu mehr Wiederholungen pro Satz und bietet sich an um zu lange Trainingseinheiten zu vermeiden (Krzysztofik, Wilk, Wojdała, & Gołaś, 2019). Der exzentrische Teil der Bewegung wurde über zirka drei Sekunden langsam und kontrolliert durchgeführt. In der Endposition der Bewegung wurde keine Pause gemacht. Der konzentrische Teil der Bewegung wurde, mit der optimalen Technik, schnell und explosiv innerhalb einer Sekunde durchgeführt. Auch an der Endposition dieser Bewegung wurde nicht pausiert, es sollte eine flüssige Bewegung darstellen. Die Dauer für eine Einheit lag bei etwa 40-60 Minuten, abhängig von der gegenwärtigen Trainingsphase und der Verfügbarkeit der Trainingsgeräte.

Die Trainierenden erhielten vor den Trainingseinheiten ein Protokoll (siehe Anhang). Im Protokoll sollten die Trainierenden Befinden, Motivation, Schlafqualität und Schlafstunden für den jeweiligen Trainingstag festhalten, sowie ob sie die Nacht durchgeschlafen haben. Des Weiteren waren im Protokoll Übungen aufgelistet, bei denen Gewicht, Wiederholungszahl, empfundene Anstrengung (BORG 1-10) und etwaige Einstellungen an Maschinen von den Trainierenden festgehalten werden sollten. Wenn ProbandInnen bereits im Vorfeld wussten, dass sie die kommende Trainingseinheit versäumen würden, erhielten sie ein Ersatzprogramm für zu Hause. Das Ersatzprogramm kräftigte die gleichen Muskelgruppen und wurde mittels eines Therabands durchgeführt. Die ProbandInnen bekamen eine Erklärung zu dem ausgedruckten Ersatzprogramm, um die richtige Ausführung der Übungen zu gewährleisten.

2.5 Statistische Methoden

Für die Auswertung der während der Trainings gesammelten Daten wurden nicht parametrische Statistikverfahren gewählt, da in manchen Fällen laut Kolmogorov-Smirnov Test und visueller Inspektion der Histogramme keine Normalverteilung vorlag.

Für den Vergleich der Interventionsgruppen zum Zeitpunkt 2, der Baseline für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen, wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet und Boxplots erstellt. Um signifikante Veränderungen der Parameter von der Zwischenuntersuchung zur Enduntersuchung festzustellen, wurde der Wilcoxon Test angewendet und Liniendiagramme (Median [95% Konfidenzintervall]) erzeugt. Die Korrelationen wurden mittels des Spearman Tests errechnet. Die statistischen Berechnungen wurden mit IBM SPSS 23 und 26 durchgeführt.

3 Ergebnisse

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf dem Kraftzuwachs der unteren Extremitäten in der Zeit der Krafttrainingsphase, also von Zwischenuntersuchung (Zeitpunkt T2) bis Enduntersuchung (Zeitpunkt T3), sowie auf dem Trainingsfortschritt bei der Beinbeuger- und Beinpresseübungen der LP und HP Gruppen. Daher sind die Daten zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung die Grundlage der Berechnungen und werden als Baseline betrachtet. Das Alter der ProbandInnen wurde zu Beginn der Studie erfasst.

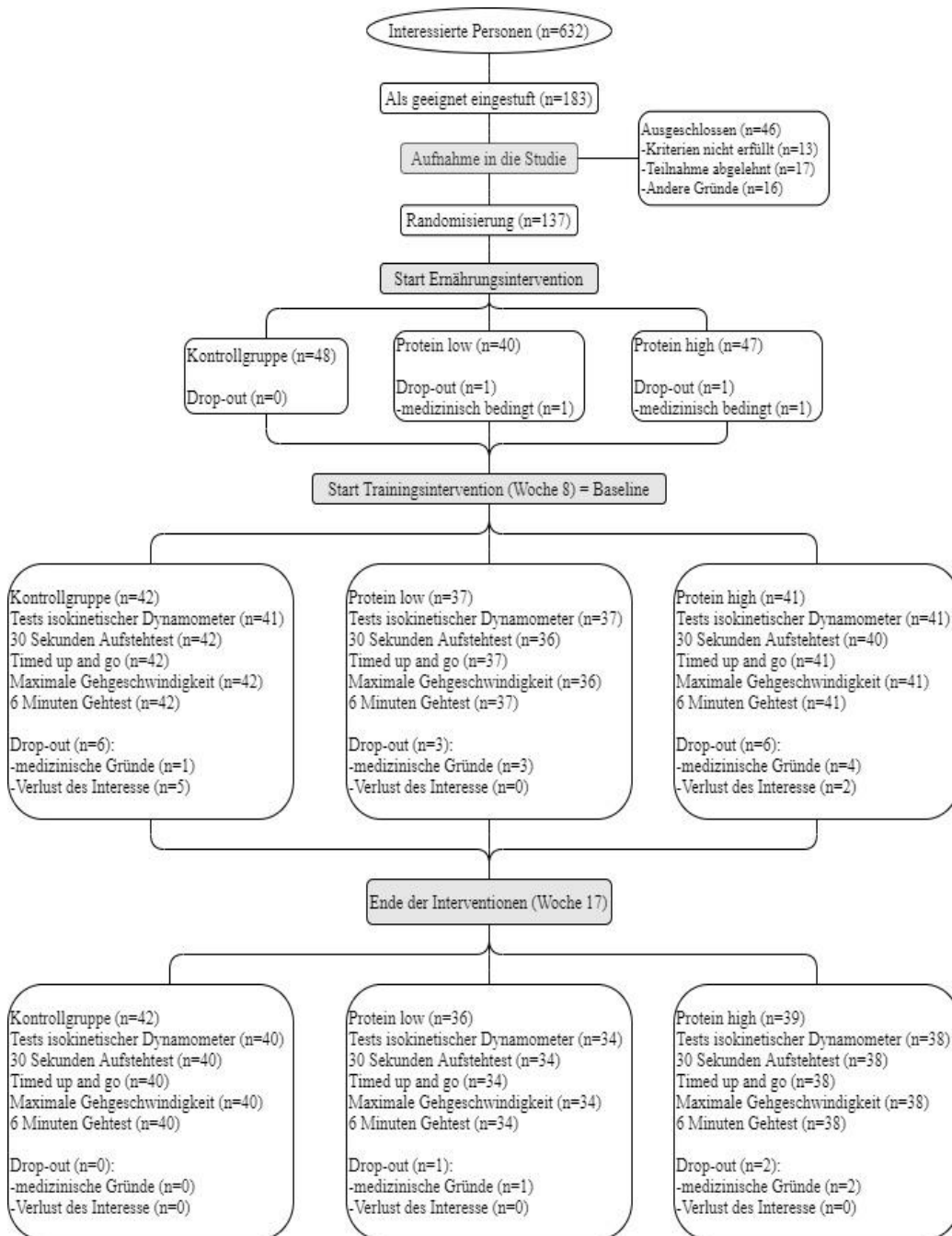


Abbildung 16: Flowchart NutriAging Studie Protein

Abbildung 16 zeigt das Flussdiagramm der StudienteilnehmerInnen. Die Ernährungsintervention wird der Vollständigkeit wegen kurz aufgezeigt. Nachdem die Ergebnisse der Zwischenuntersuchung die Baseline für diese Arbeit bilden, wurden ab diesem Zeitpunkt die relevantesten Parameter mit den Fallzahlen angegeben. Keiner der verzeichneten medizinischen Ausfälle wurde durch die Teilnahme an der Studie hervorgerufen.

3.1 Deskriptive Statistik der ProbandInnen zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung

In der nachfolgenden Tabelle 1 ist die deskriptive Statistik aller verbliebenen ProbandInnen zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung (T2), die ja die Baseline für die in dieser Arbeit beobachteten Veränderungen darstellt, nach den Interventionsgruppen aufgeteilt und zusammengefasst, zu sehen. Nur das Alter ist jenes von T1 (allgemeiner Studienstart).

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der ProbandInnen zu T2

	Gesamt	CT	LP	HP	p-Wert
Alter [Jahre], n=137	72,3 (65-84,3)	72 (65,3-82,6)	72,2 (65,3-83,3)	72,7 (65-84,3)	0,853
Größe [cm], n=120	168,3 (146,5-190,8)	167 (147,5-190,4)	169,8 (155,9-190,8)	167,9 (146,5-190)	0,769
Gewicht [kg], n=120	74,9 (39,6-123,1)	74,7 (48,2-101,7)	75,9 (50-123,1)	71,8 (39,6-107,7)	0,800
BMI [kg/m ²], n=120	26,3 (17,1-40,5)	26,3 (18,8-36,5)	26,2 (20,6-40,5)	26,4 (17,1-34,3)	0,917
Muskelmasse [kg], n=119	26,1 (15,8-44,4)	25,1 (18,1-38)	26,7 (17,9-44,4)	26,2 (15,8-41,2)	0,659
Körperfett [%], n=119	23,9 (9,7-45)	23,7 (10,3-39)	25,2 (9,7-45)	23,8 (11,9-44,4)	0,803

Die Werte beschreiben Median (Minimum-Maximum), n = gesamte Stichprobengröße und p-Wert = Signifikanz zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).

CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe, BMI = Body Mass Index

Es wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, um festzustellen, ob die gemessenen Daten der Interventionsgruppen zu T2 der gleichen Grundpopulation entstammen. Die Ergebnisse in Tabelle 1 mit Signifikanzwerten von $p > 0,05$ zeigen, dass bei Alter ($p = 0,853$), Größe ($p = 0,769$), Gewicht ($p = 0,800$), Body-Mass-Index ($p = 0,917$), Muskelmasse ($p = 0,659$) und prozentuellem Körperfett ($p = 0,803$) keine Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen bestanden haben.

3.2 Statistik der primären Parameter

In den folgenden Unterpunkten werden die Daten des isokinetischen Dynamometers zum Zeitpunkt der Zwischenuntersuchung und über die Zeit (T2 auf T3) untersucht, sowie die Progression des Trainingsumfangs der Beinbeuger und Beinpresseübung.

3.2.1 Isokinetische Dynamometrie

In Tabelle 2 sind die Erhebungen bezüglich der Daten des isokinetischen Dynamometers zu sehen, welche zu T2 erhoben wurden. Die isometrische Kraft ist die Maximalkraft, welche bei festgestellten 90° Hebel des Messgeräts erreicht wurde. Die weiteren Parameter der Tabelle beschreiben die höchsten erreichten Kraftwerte (beziehungsweise dessen Relation zum Körpergewicht) und die maximalen Geschwindigkeiten, die bei den dynamischen Messungen mit 50%, 25% und 0% Widerstand der isometrischen Maximalkraft erreicht wurden.

Tabelle 2: Baseline der primären Parameter (T2)

	Gesamt	CT	LP	HP	p-Wert
Isometrische Kraft [Nm], n=118	107 (51-221)	97 (51-192)	109 (59-181)	109 (55-221)	0,250
Relative isometrische Kraft [Nm/kg], n=118	1,47 (0,70-2,65)	1,36 (0,76-2,35)	1,52 (0,70-2,30)	1,50 (0,79-2,65)	0,210
Dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s], n=119	228,00 (55,68-582,51)	221,48 (96,05-485,22)	244,22 (114,73-582,51)	230,21 (55,68-545,39)	0,632
Dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s], n=119	249,73 (79,96-677,85)	235,01 (91,94 -603,52)	258,37 (131,81-605,95)	241,26 (79,96-677,85)	0,560
Dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s], n=119	353,44 (45,92-875,57)	341,85 (45,92-800,43)	419,53 (105,78-741,44)	332,64 (70,37-875,57)	0,130
Relative dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s/kg], n=119	3,07 (0,99-7,15)	2,99 (1,14-5,74)	3,29 (1,49-7,15)	3,20 (0,99-6,55)	0,749
Relative dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s/kg], n=119	3,58 (1,34-7,56)	3,29 (1,34-6,79)	3,74 (1,47-7,56)	3,73 (1,48-7,40)	0,543
Relative dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s/kg], n=119	5,21 (0,54-9,56)	4,96 (0,54-9,16)	5,86 (1,66-8,72)	5,12 (0,89-9,56)	0,225
Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand [°/s], n=119	228,88 (83,25-375,88)	230,31 (130,19-336,31)	222,13 (140,56-375,88)	228,31 (83,25-331,38)	0,772
Maximalgeschwindigkeit bei 25% Widerstand [°/s], n=119	342,25 (233,81-484,88)	340,56 (264,06-429,69)	340,56 (277,44-484,88)	342,56 (233,81-461,44)	0,811
Maximalgeschwindigkeit 0% Widerstand [°/s], n=119	465,38 (253,69-502,13)	451,19 (337,69-501,81)	486,63 (361-502,13)	465,38 (253,69-502,06)	0,200

Die Werte beschreiben Median (Minimum-Maximum), n = gesamte Stichprobengröße und p-Wert = Signifikanz zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).
CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe

Beim Kruskal-Wallis Test wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ angenommen. Die p-Werte aus Tabelle 2 liegen zwischen $p = 0,130$ und $p = 0,811$. Das bedeutet, dass sich die Gruppen bei der Baseline in keiner der durchgeführten Testungen unterschieden haben.

3.2.2 Progression des Krafttrainings

Tabelle 3 zeigt die Trainingsumfänge der Krafttrainingsübungen Beinbeuger und Beinpresse der fünften Einheit während der Trainingsperiode. Das Trainingsvolumen für eine Einheit berechnet sich aus dem bewegten Gewicht multipliziert mit der Wiederholungsanzahl. Diese Zahl wird für jeden Trainingssatz errechnet und addiert. In den Abbildungen in diesem Abschnitt werden, der Vollständigkeit halber, die Trainingsumfänge ab Trainingseinheit 3 (T3) dargestellt. Jedoch wurde die fünfte Trainingseinheit als Baseline für die Berechnungen der Trainingsumfänge verwendet, da mit Trainingseinheit 5 die Eingewöhnungsphase endete und das Anpassungstraining begann.

Tabelle 3: Krafttrainingsübungen: Trainingsumfänge 5. Trainingseinheit

	Gesamt	LP	HP	p-Wert
Beinbeuger [kg*Wiederholungen], n=68	700 (188-1400)	750 (300-1300)	663 (188-1400)	0,148
Beinpresse [kg*Wiederholungen], n=67	1200 (300-2800)	1400 (550-2800)	1200 (300-2800)	0,162
Die Werte beschreiben Median (Minimum-Maximum), n = gesamte Stichprobengröße und p-Wert = Signifikanz zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test). LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe				

Der Kruskal-Wallis-Test zeigte keine Unterschiede der Interventionsgruppen bezüglich der Beinbeuger- ($p = 0,148$) und Beinpresseübungen ($p = 0,162$) zum Zeitpunkt der fünften Trainingseinheit. Die Abbildungen 17 und 18 zeigen die Mediane der Trainingsvolumina von Trainingseinheit 3 (T3) bis Trainingseinheit 16 (T16) für die Beinbeuger-beziehungsweise Beinpresseübung.

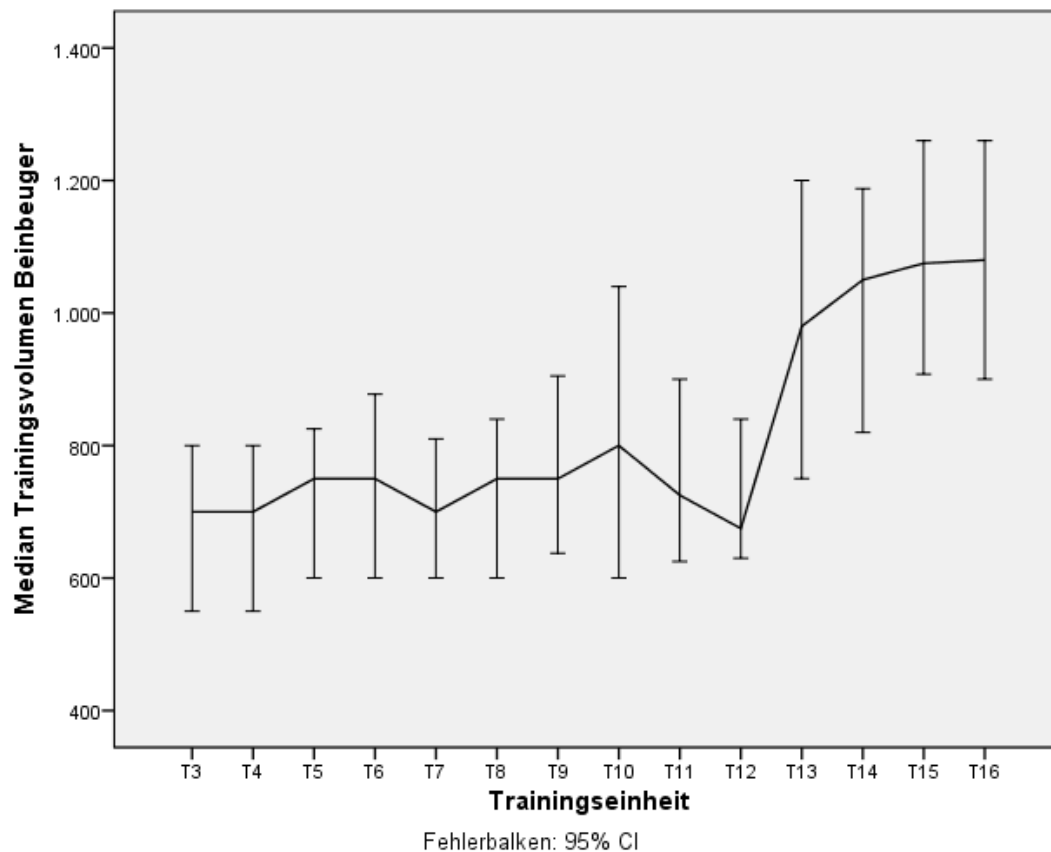


Abbildung 17: Trainingsvolumina der Beinbeugerübung von Trainingseinheit 3 (T3) bis 16 (T16), gezeigt sind Median und 95% Konfidenzintervall des Medians

In Abbildung 17 ist die Progression des Trainingsvolumens für die Beinbeugerübung zu sehen. Dargestellt sind die Mediane mit 95% Konfidenzintervallen. Um festzustellen ob eine signifikante Veränderung des Trainingsvolumens auftritt, wurde ein Friedman Test durchgeführt. Dieser stellte einen signifikanten Unterschied der Trainingsvolumina der Trainingseinheiten zueinander fest ($p < 0,01$). Nun wurde berechnet, ab wann es zu einem Anstieg des Trainingsvolumens im Vergleich zu der Baseline kam. Der post hoc Test mit Bonferroni Anpassung zeigt, dass die Zunahme des Trainingsvolumens im Vergleich zur fünften Trainingseinheit (Baseline) erst ab der dreizehnten Trainingseinheit signifikant ist ($p < 0,01$).

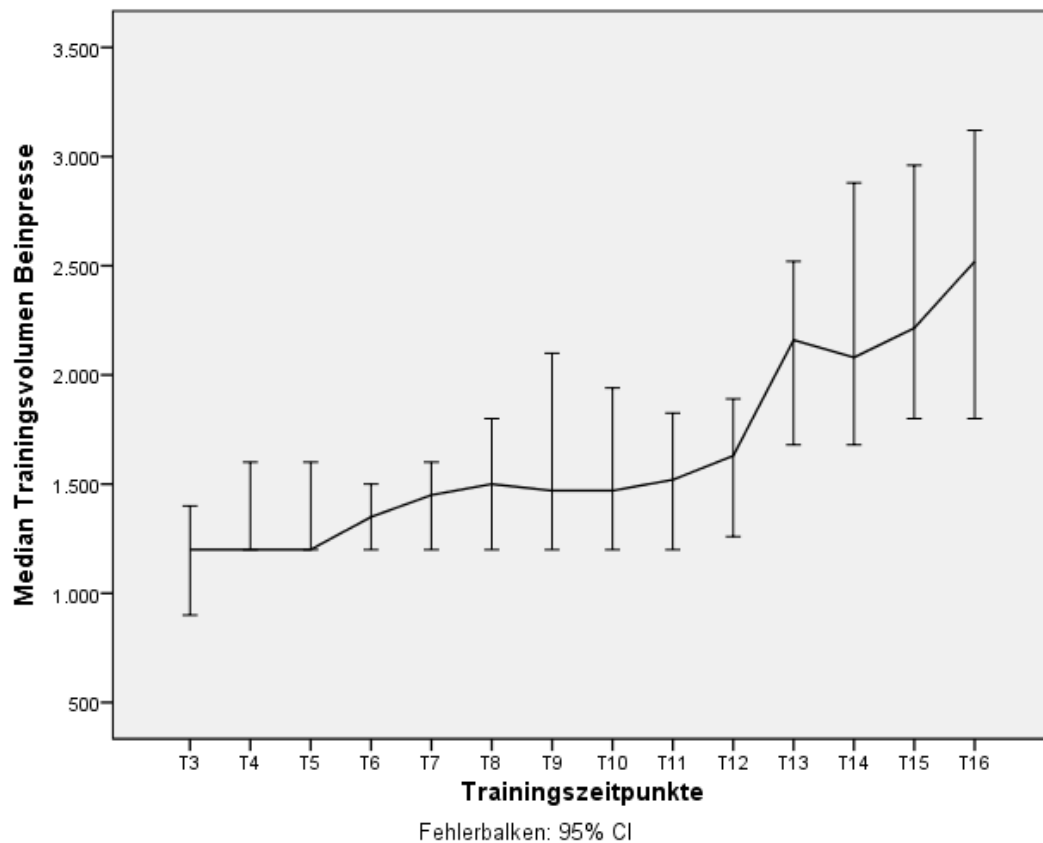


Abbildung 18: Trainingsvolumina der Beinpresseübung von Trainingseinheit 3 (T3) bis 16 (T16), gezeigt sind Median und 95% Konfidenzintervall des Medians

In Abbildung 18 ist die Progression des Trainingsvolumens der Beinpresseübung beschrieben. Wiederum zeigte der Friedman Test signifikante Unterschiede der Trainingsvolumina der Trainingseinheiten zueinander ($p < 0,01$). Der post hoc Test mit Bonferroni Anpassung zeigt, dass der Unterschied des Trainingsvolumens im Vergleich zur fünften Trainingseinheit erneut erst ab der dreizehnten Trainingseinheit signifikant ist ($p < 0,01$).

Ein statistisch signifikanter Anstieg des Trainingsvolumens gegenüber der fünften Trainingseinheit ist, sowohl bei der Beinbeuger- als auch der Beinpresseübung, ab der dreizehnten Einheit gegeben.

3.2.3 Statistik der primären Parameter zwischen den Gruppen nach kombinierter Ernährungs- und Trainingsintervention

Nachfolgend (Tabelle 4) wird die deskriptive Statistik der Differenzen von Zwischen- und Enduntersuchung beschrieben. Dafür wurden die Messwerte von Zeitpunkt 2 (T2) von

jenen zu Zeitpunkt 3 (T3) abgezogen und dann Median, Minimum und Maximum berechnet. Der Kruskal-Wallis Test für die Differenzen zwischen T2 und T3 ergab keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Die p-Werte lagen zwischen $p = 0,067$ und $p = 0,938$.

Tabelle 4: Differenzen der primären Parameter zwischen T2 und T3

	Gesamt	CT	LP	HP	p-Wert
Differenz Isometrische Kraft [Nm], n=112	5 (-26-63)	2 (-26-54)	5 (-10-24)	8 (-22-63)	0,132
Differenz Relative isometrische Kraft [Nm/kg], n=112	0,06 (-0,37-0,73)	0,03 (-0,23-0,73)	0,06 (-0,16-0,35)	0,13 (-0,37-0,73)	0,073
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s], n=111	7,58 (-84,58-94,75)	5,18 (-61,38-94,75)	11,47 (-84,58-49,05)	8,40 (-43,28-70,68)	0,912
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s], n=111	-3,79 (-175,14-102,66)	-3,50 (-175,14-102,66)	-12,80 (-169,89-47,58)	-3,03 (-136,62-77,82)	0,930
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s], n=111	-9,53 (-492,90-225,61)	-16,29 (-492,90-215,67)	-23,31 (-479,30-216,75)	3,65 (-266,57-225,61)	0,116
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s/kg], n=111	0,10 (-1,19-1,27)	0,07 (-0,72-1,13)	0,13 (-1,19-0,61)	0,11 (-0,58-1,27)	0,938
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s/kg], n=111	-0,09 (-2,13-1,17)	-0,07 (-2,13-1,17)	-0,16 (-2,03-0,63)	-0,07 (-1,65-1,00)	0,812
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s/kg], n=111	-0,12 (-6,35-3,44)	-0,19 (-6,22-2,36)	-0,42 (-6,35-3,44)	0,12 (-3,39-3,15)	0,067
Differenz Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand [°/s], n=111	-2,69 (-127,94-147,63)	1,34 (-56,63-118,25)	-2,78 (-127,94-48,88)	-11,31 (-76,94-147,63)	0,178
Differenz Maximalgeschwindigkeit bei 25% Widerstand [°/s], n=111	-2,38 (-91,19-73,44)	2,13 (-56,63-69,69)	-3,53 (-91,19-26,63)	-2,81 (-85,44-73,44)	0,189
Differenz Maximalgeschwindigkeit 0% Widerstand [°/s], n=111	0,06 (-154,13-131,50)	-0,13 (-63,19-110,25)	0,03 (-154,13-53,25)	0,38 (-47,50-131,50)	0,517
Die Werte beschreiben Median (Minimum-Maximum), n = gesamte Stichprobengröße und p-Wert = Signifikanz zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).					
CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe					

3.2.4 Veränderungen der primären Parameter nach kombinierter Ernährungs- und Trainingsintervention

In Tabelle 7 sind die p-Werte des Wilcoxon Tests für die Unterschiede zwischen T2 und T3 getrennt nach den Gruppen aufgetragen, die deskriptive Statistik ist in den folgenden Abbildungen zu sehen (Abbildungen 20-25). In der Kontrollgruppe wurde bei keinem der Parameter ein Unterschied festgestellt. Die bei den isometrischen Messungen festgestellte absolute Maximalkraft, sowie die auf das Körpergewicht relativierte Maximalkraft, zeigten bei LP ($p = 0,002$ und $p = 0,010$) und bei HP ($p = 0,003$ und $p = 0,002$) signifikante Anstiege. Die Maximalkraft bei 50% Widerstand hat nur bei der HP Gruppe einen signifikanten Anstieg gezeigt ($p = 0,044$). Bei der LP Gruppe gab es signifikante Verringerungen bei der Maximalkraft bei 0% Widerstand ($p = 0,031$), der relativen Maximalkraft bei 25% Widerstand ($p = 0,048$) und der relativen Maximalkraft bei 0% Widerstand ($p = 0,029$).

Im Anschluss an Tabelle 5 befinden sich die Liniendiagramme jener Parameter bei denen bei zumindest einer Gruppe ein Signifikanzwert von $p < 0,05$ festgestellt wurde.

Tabelle 5: Unterschiede in den primären Parametern von T2 auf T3

	CT	LP	HP
Isometrische Kraft Veränderung	0,107	0,002	0,003
Relative isometrische Kraft Veränderung	0,116	0,010	0,002
Dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand Veränderung	0,183	0,222	0,044
Dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand Veränderung	0,326	0,080	0,261
Dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand Veränderung	0,143	0,031	0,561
Relative dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand Veränderung	0,188	0,278	0,054
Relative dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand Veränderung	0,270	0,048	0,267
Relative dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand Veränderung	0,090	0,029	0,483
Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand Veränderung	0,925	0,590	0,062
Maximalgeschwindigkeit bei 25% Widerstand Veränderung	0,420	0,161	0,187
Maximalgeschwindigkeit 0% Widerstand Veränderung	0,347	0,741	0,111
Die Werte beschreiben die p-Werte des Wilcoxon Test für die Veränderung der Parameter über die Zeit (T2 auf T3).			
CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe			

Die folgenden Liniendiagramme zeigen die Mediane der Parameter zu T2 und T3 nach allen Interventionsgruppen aufgeteilt. Die blauen Linien stehen für CT, die grüne Linie für die LP Gruppe und die gelbe Linie für die HP Gruppe.

Abbildung 19 zeigt die Mediane der isometrischen Messungen. Es ist zu sehen, dass bei allen Interventionsgruppen die Mediane zu T3 höher sind als zu T2. Der Wilcoxon Test zeigt jedoch nur für die LP und HP Gruppen signifikante Veränderungen an.

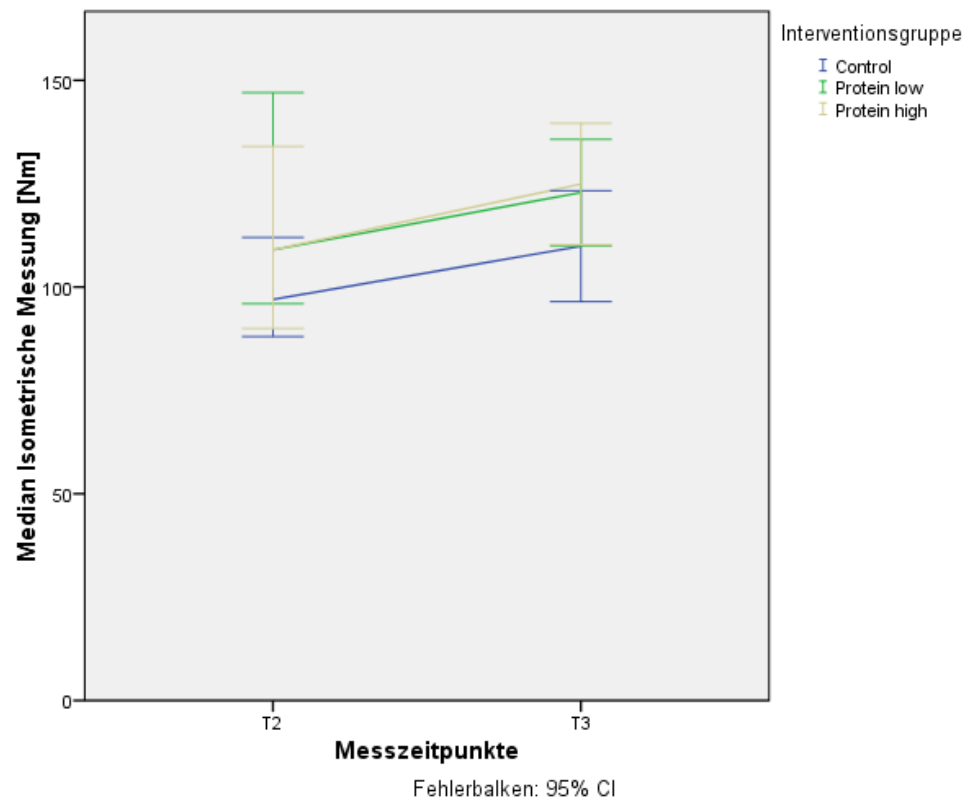


Abbildung 19: Liniendiagramm der Mediane der isometrischen Messung aller Gruppen von T2 auf T3

Die, in Abbildung 20 gezeigten, Mediane der isometrischen Messungen relativiert auf das Körpergewicht sind zu T3 ebenfalls höher. Wie bei den Absolutwerten der isometrischen Messungen sind auch hier nur bei den LP und HP Gruppen signifikante Unterschiede gezeigt worden.

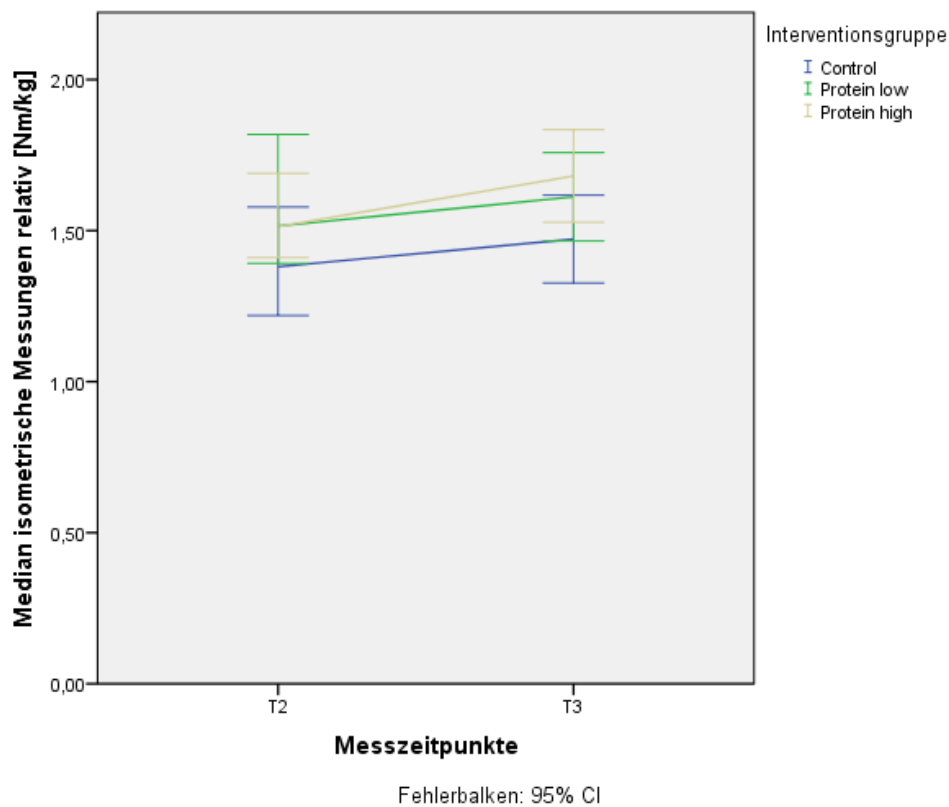


Abbildung 20: Liniendiagramm der Mediane der relativen isometrischen Messung aller Gruppen von T2 auf T3

Bei den in Abbildung 21 dargestellten Medianen der Maximalkraft Werte mit 50% Widerstand der maximalen isometrischen Kraft, sind bei der Kontrollgruppe kaum Veränderung und bei der LP Gruppe eine leichte Verringerung zu sehen. Nur die HP Gruppe zeigt einen Anstieg in den Medianen. Die HP Gruppe ist bei diesem Parameter auch die einzige, bei der eine signifikante Änderung durch den Wilcoxon Test festgestellt wurde.

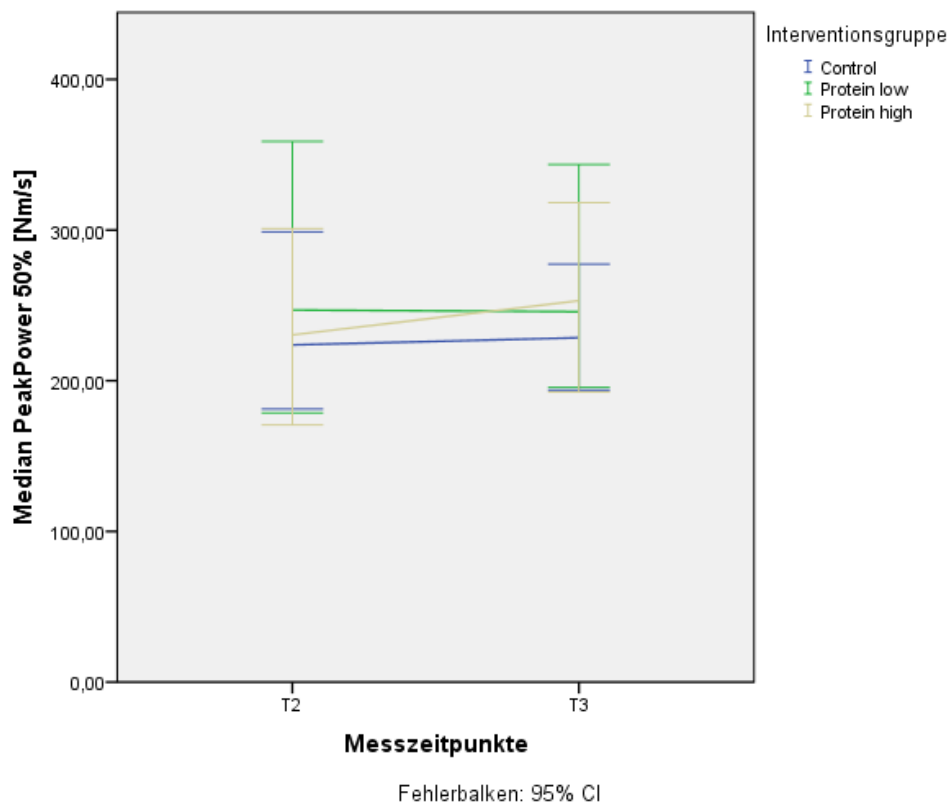


Abbildung 21: Liniendiagramm der Mediane der Maximalkraft bei 50% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3

Die nächsten drei Abbildungen (22, 23 und 24) zeigen die Mediane für die Parameter Maximalkraft mit 0%, relative Maximalkraft mit 25% und relative Maximalkraft mit 0% Widerstand der maximalen isometrischen Kraft. Die Kontrollgruppe zeigt in den Abbildungen der Parameter einen leichten Rückgang, jedoch nicht in dem Ausmaß, dass der Wilcoxon Test eine nachweisbare Veränderung zeigt.

Die Linien der HP Gruppe in den Diagrammen zeigen bei den Messungen der Maximalkraft mit 0% und der relativen Maximalkraft mit 0% Widerstand steigende Werte von der Zwischen- zur Enduntersuchung und fallende Werte bei der relativen Maximalkraft mit 25% Widerstand. Der Wilcoxon Test zeigt jedoch keine relevante Änderung der Werte an. Nur die LP Gruppe weist bei den genannten Parametern beim Wilcoxon Test signifikante Unterschiede auf. Die Mediane zeigen in den Diagrammen jedoch Verschlechterungen der gemessenen Parameter von T2 zu T3 an.

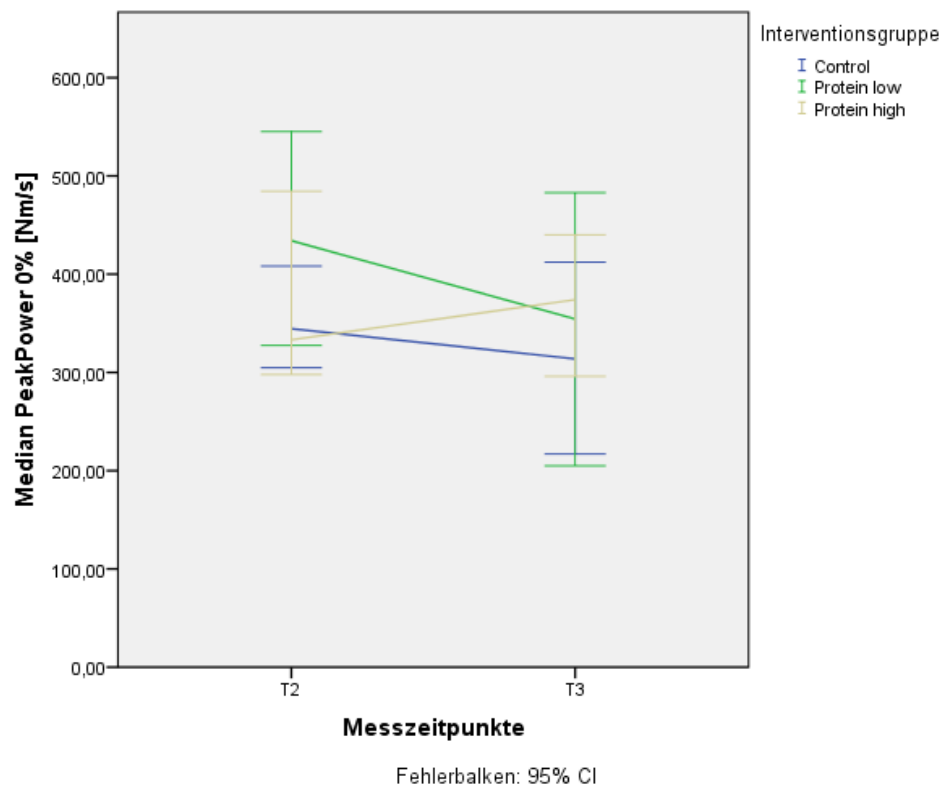


Abbildung 22: Liniendiagramm der Mediane der Maximalkraft bei 0% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3

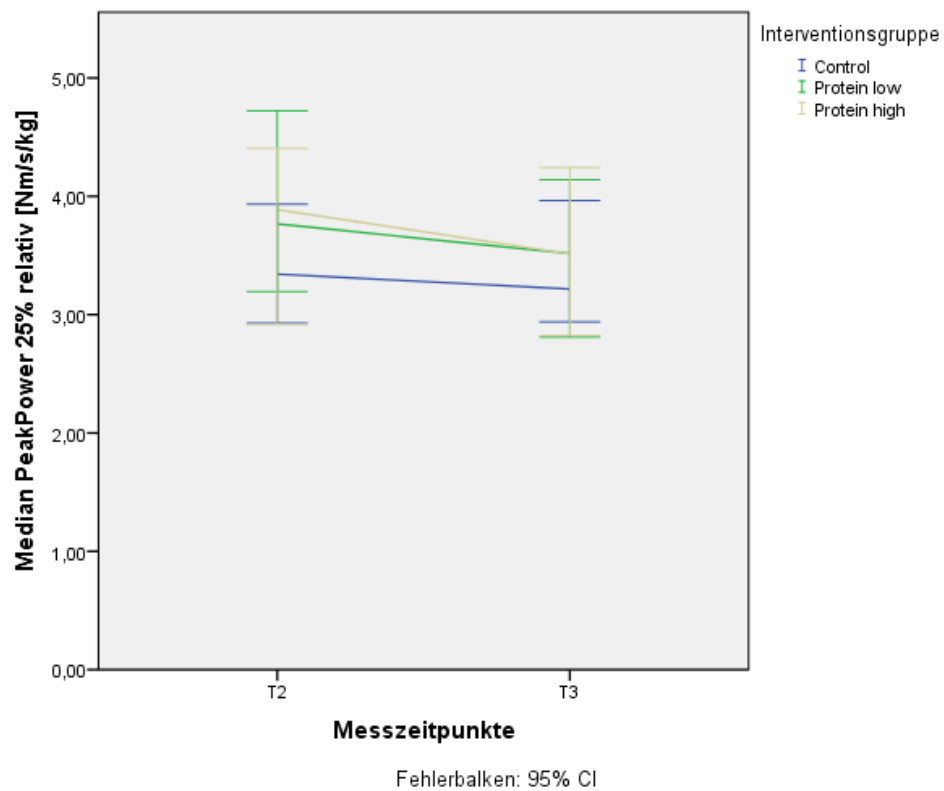


Abbildung 23: Liniendiagramm der Mediane der relativen Maximalkraft bei 25% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3

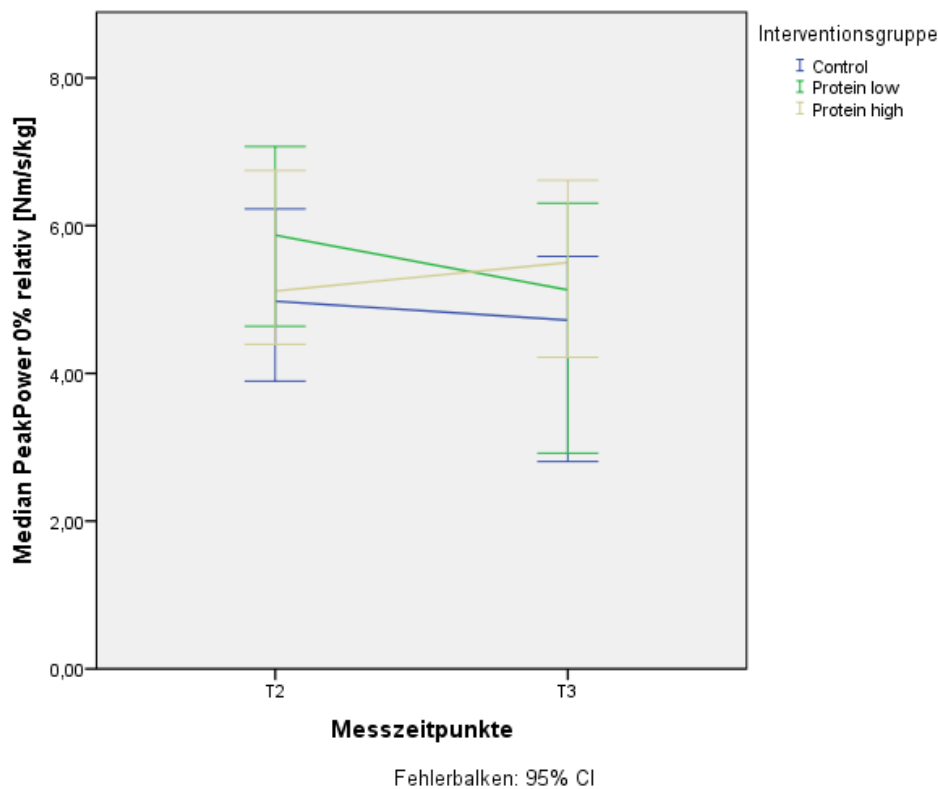


Abbildung 24: Liniendiagramm der Mediane der relativen Maximalkraft bei 0% Widerstand aller Gruppen von T2 auf T3

Für den Vergleich zwischen den Gruppen zu T3 wurden für die primären Parameter ein weiterer Kruskal-Wallis Test durchgeführt. Die p-Werte liegen zwischen $p = 0,134$ und $p = 0,666$ und weisen somit keinen Unterschied zwischen CT, LP und HP auf.

3.3 Statistik der sekundären Parameter

In Tabelle 6 werden die sekundären Parameter zu T2 beschrieben. Auch hier wurde wieder ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, um festzustellen, ob es Unterschiede der einzelnen Gruppen zueinander gab. Das Signifikanzniveau betrug wieder $p < 0,05$.

Tabelle 6: Baseline der sekundären Parameter (T2)

	Gesamt	CT	LP	HP	p-Wert
Maximalleistung 20 Sekunden Aufstehtest [W], n=118	649,39 (256,31-1198,27)	636,87 (256,31-967,34)	698,23 (311,91-1198,27)	605,61 (270,34-960,50)	0,509
Relative Leistung 20 Sekunden Aufstehtest [W/kg], n=118	8,53 (5,24-11,98)	8,47 (5,24-11,50)	8,68 (5,47-11,98)	8,28 (5,73-10,78)	0,522

20 Sekunden Aufstehtest [Wiederholungen], n=118	9 (0-17)	9 (0-16)	9 (6-17)	10 (0-14)	0,655
30 Sekunden Aufstehtest [Wiederholungen], n=118	14 (0-27)	13 (0-24)	14 (9-27)	14 (0-21)	0,359
Timed up and go [s], n=120	5,59 (3,53-13,97)	5,64 (3,91-13,81)	5,37 (3,53-8,41)	5,83 (3,97-13,97)	0,369
Maximale Gehgeschwindigkeit über 6 Meter [m/s], n=119	2,05 (1,06-3,11)	2,05 (1,06-2,80)	2,14 (1,56-3,11)	2,05 (1,46-2,68)	0,192
6 Minuten Gehtest [m], n=120	583,5 (240,0-825,7)	546,5 (240,0-766,0)	620,0 (424,0-825,7)	579,0 (360,0-794,0)	0,012

Die Werte beschreiben Median (Minimum-Maximum), n = gesamte Stichprobengröße und p-Wert = Signifikanz zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).
CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe

Für die verschiedenen Parameter des Aufstehtests, den Timed up and go und den Test der maximalen Gehgeschwindigkeit über 6 Meter gibt es keinen Unterschied zwischen den Gruppen (p-Werte zwischen $p = 0,192$ und $p = 0,655$) bei der Zwischenuntersuchung. Jedoch wurde beim 6 Minuten Gehtest ein signifikanter Unterschied ($p = 0,012$) zwischen den Interventionsgruppen festgestellt.

Daher wurde dreimal ein Mann-Whitney U Test zwischen den Interventionsgruppen durchgeführt. Der errechnete p-Wert der einzelnen Tests wird mit der Anzahl der Vergleiche, also drei, multipliziert um die angepasste Signifikanz zu erhalten.

Tabelle 7: Folgetest zum 6 Minuten Gehtest

Gruppe 1-Gruppe 2	Signifikanz	Anpassungssignifikanz
CT-LP	0,005	0,015
CT-HP	0,150	0,450
LP-HP	0,062	0,186

Vergleiche der Gruppen miteinander zur Feststellung welche Gruppen sich beim 6 Minuten Gehtest unterscheiden. Signifikanz = p-Wert des Mann-Whitney U Test, Anpassungssignifikanz = p-Wert multipliziert mit 3
CT = Kontrollgruppe, LP = Low Protein Gruppen, HP = High Protein Gruppe

Tabelle 7 zeigt den Folgetest zum 6 Minuten Gehtest. Zwischen CT und HP Gruppe (angepasstes $p = 0,450$) und zwischen LP und HP Gruppe (angepasstes $p = 0,186$) wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Nur zwischen CT und LP Gruppe wurde ein

signifikanter Unterschied detektiert (angepasstes $p = 0,015$), was bedeutet, dass die Leistung der LP Gruppe im 6 Minuten Gehstest schon zu T2 signifikant besser war.

3.4 Korrelationen

Um eine lineare Korrelation mittels Spearman-Rho Test nachzuweisen, werden der Signifikanzwert (p-Wert) und der Korrelationskoeffizient (rho) betrachtet. Wenn der p-Wert $< 0,05$ ist, besteht ein Zusammenhang. Dann wird die Größe von rho betrachtet, um die Stärke des Zusammenhangs festzustellen. Der Korrelationskoeffizient kann einen Wert von -1 bis +1 annehmen. Ab einem Korrelationskoeffizient von $\pm 0,10$ besteht ein leichter, ab $\pm 0,30$ ein mittlerer und ab $\pm 0,50$ ein starker Zusammenhang. Wenn rho positiv ist, ist eine positive Korrelation gegeben. Das bedeutet, wenn eine Variable ansteigt, steigt die andere Variable ebenfalls. Bei negativem rho liegt eine negative oder inverse Korrelation vor. Das bedeutet, wenn eine Variable ansteigt, fällt die andere (Cohen, 1988).

Tabelle 8 zeigt Korrelationen zwischen den primären (Kraftparameter des Quadrizeps femoris anhand der Daten des isokinetischen Dynamometers) und sekundären Parametern (funktionelle Leistungstests der unteren Extremitäten) zu T2.

.

Tabelle 8: Korrelationen zwischen primären und sekundären Parametern zu T2

	Maximalleistung 20 Sekunden Aufstehetest [W]			20 Sekunden Aufstehetest [Wiederholungen]			30 Sekunden Aufstehetest [Wiederholungen]			Timed up and go [s]			Gehgeschwindigkeit [m/s]			6 Minuten Gehtest [m]		
	ρ	p	n	ρ	p	n	ρ	p	n	ρ	p	n	ρ	p	n	ρ	p	n
Isometrische Kraft [Nm]	,699	0,000	116	,395	0,000	116	,371	0,000	116	-,452	0,000	118	,440	0,000	117	,523	0,000	118
Relative isometrische Kraft [Nm/kg]	,332	0,000	116	,525	0,000	116	,515	0,000	116	-,531	0,000	118	,500	0,000	117	,637	0,000	118
Dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s]	,700	0,000	117	,366	0,000	117	,363	0,000	117	-,489	0,000	119	,480	0,000	118	,553	0,000	119
Dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s]	,615	0,000	117	,311	0,001	117	,313	0,001	117	-,502	0,000	119	,483	0,000	118	,558	0,000	119
Dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s]	,476	0,000	117	,242	0,008	117	,248	0,007	117	-,446	0,000	119	,413	0,000	118	,548	0,000	119
Relative dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s/kg]	,422	0,000	117	,449	0,000	117	,459	0,000	117	-,578	0,000	119	,546	0,000	118	,658	0,000	119
Relative dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s/kg]	,318	0,000	117	,364	0,000	117	,378	0,000	117	-,585	0,000	119	,552	0,000	118	,664	0,000	119
Relative dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s/kg]	,207	0,025	117	,303	0,001	117	,314	0,001	117	-,493	0,000	119	,435	0,000	118	,607	0,000	119
Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand [°/s]	,350	0,000	117	,133	0,153	117	,160	0,085	117	-,341	0,000	119	,322	0,000	118	,391	0,000	119
Maximalgeschwindigkeit bei 25% Widerstand [°/s]	,460	0,000	117	,330	0,000	117	,351	0,000	117	-,534	0,000	119	,519	0,000	118	,554	0,000	119
Maximalgeschwindigkeit 0% Widerstand [°/s]	,426	0,000	117	,444	0,000	117	,459	0,000	117	-,606	0,000	119	,557	0,000	118	,625	0,000	119

Die Werte der Tabelle werden mit ρ = Korrelationskoeffizient (Spearman-Rho), p = Signifikanzniveau und n = Stichprobengröße zu Zeitpunkt 2 (T2) beschrieben.

Die Wiederholungsanzahl beim 20 Sekunden Aufstehtest korreliert nicht mit der Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand ($p = 0,153$). Ebenso besteht bei der Wiederholungszahl des 30 Sekunden Aufstehtest keine Korrelation mit der dynamischen Maximalkraft bei 50% Widerstand, hier beträgt $p = 0,085$.

Bei den restlichen Korrelationen liegen die p-Werte unter 0,05. Sie zeigen unterschiedlich starke positive Zusammenhänge mit rho zwischen 0,207 und 0,700. Nur der Timed up and go Test zeigt negative Zusammenhänge mit den Primären Parametern. Rho nimmt hier Werte zwischen -0,341 und -0,606 an.

In Tabelle 9 werden die Korrelationen der Progressionen des Krafttrainings mit den primären und sekundären Parametern dargestellt. Dies soll zeigen, ob eine Progression bei den Krafttrainingsübungen mit Fortschritten bei primären und sekundären Parametern zusammenhängen. Die Korrelation zwischen der Progression bei der Beinbeuger- und der Beinpresseübung zeigt mit $p = 0,004$ und $\rho = 0,385$ einen mittelstarken positiven Zusammenhang. Die Steigerung des Trainingsumfangs bei der Beinpresseübung korreliert nur mit der Muskelmasse ($p = 0,040$) und zeigt einen schwachen positiven Zusammenhang ($\rho = 0,281$).

Tabelle 9: Korrelationen zwischen primären / sekundären Parametern und Trainingsprogression

	Differenz Trainingsvolumen Beinbeuger [kg]			Differenz Trainingsvolumen Beinpresse[kg]		
	ρ	p	n	ρ	p	n
Differenz Isometrische Kraft [Nm]	,107	0,437	55	,110	0,429	54
Differenz Relative isometrische Kraft [Nm/kg]	,044	0,749	55	,041	0,766	54
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s]	-,256	0,059	55	,004	0,977	54
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s]	-,265	0,050	55	,092	0,510	54
Differenz Dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s]	-,204	0,136	55	,040	0,773	54
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand [Nm/s/kg]	-,287	0,034	55	-,042	0,765	54
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 25% Widerstand [Nm/s/kg]	-,257	0,058	55	,024	0,865	54
Differenz Relative dynamische Maximalkraft bei 0% Widerstand [Nm/s/kg]	-,209	0,125	55	,024	0,865	54
Differenz Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand [°/s]	-,325	0,016	55	,003	0,982	54
Differenz Maximalgeschwindigkeit bei 25% Widerstand [°/s]	-,115	0,402	55	,044	0,752	54
Differenz Maximalgeschwindigkeit 0% Widerstand [°/s]	-,071	0,607	55	,026	0,854	54
Differenz Maximalleistung 20 Sekunden Aufstehtest [W]	,278	0,042	54	,206	0,139	53
Differenz 20 Sekunden Aufstehtest [Wiederholungen]	,293	0,032	54	,052	0,712	53
Differenz 30 Sekunden Aufstehtest [Wiederholungen]	,132	0,337	55	,106	0,448	54
Differenz Timed up and go [s]	-,125	0,362	55	-,013	0,923	54
Differenz Gehgeschwindigkeit über 6 m [m/s]	,323	0,016	55	,226	0,101	54
Differenz 6 Minuten Gehtest [m]	,194	0,152	56	-,108	0,431	55
Differenz Muskelmasse [kg]	,229	0,093	55	,281	0,040	54

Die Werte der Tabelle werden mit ρ = Korrelationskoeffizient (Spearman-Rho), p = Signifikanzniveau und n = Stichprobengröße beschrieben.

Beim Vergleich der Beinbeugerübung mit den restlichen Parametern gibt es fünf Korrelationen. Mit der Differenz der relativen dynamische Maximalkraft bei 50% Widerstand (p = 0,034) liegt ein leichter negativer (ρ = -0,287) und mit der Differenz der Maximalgeschwindigkeit bei 50% Widerstand (p = 0,016) ein mittelstarker negativer (ρ = -0,325) Zusammenhang vor. Die Korrelationen mit der Differenz der Maximalleistung des 20 Sekunden Aufstehtest (p = 0,042) und der Differenz der Wiederholungszahl beim 20

Sekunden Aufstehtest ($p = 0,032$) zeigen jeweils einen schwachen positiven Zusammenhang ($\rho = 0,278$ und $\rho = 0,293$). Der Zusammenhang mit der Differenz der Gehgeschwindigkeit über 6 Meter ($p = 0,016$) ist ein mittelstarker positiver ($\rho = 0,323$).

4 Diskussion

Im folgenden Abschnitt der Arbeit werden die Ergebnisse nochmals zusammengefasst und diskutiert sowie die Stärken und Limitationen der Studie aufgezeigt. Der Abschnitt schließt mit einem Fazit.

4.1 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Die isometrische Maximalkraft hat sich bei den beiden Interventionsgruppen nach der kombinierten Ernährungs- und Trainingsintervention verbessert. Bei der HP Gruppe gab es zusätzlich Verbesserungen bezüglich der Maximalkraft bei 50% Widerstand. Die weiteren Zeiteffekte der LP Gruppe zeigten verschlechterte Ergebnisse. Auffallend ist, dass im Gegensatz zur Maximalkraft bei 50% Widerstand die Mediane der Maximalkraft bei 25% und 0% Widerstand abfallen. Die niedrigsten Werte zu T3 sind beinahe um 500 Nm geringer als zu T2. Obwohl Zeiteffekte in den Gruppen festgestellt werden konnten, gab es bei der Untersuchung keinen Unterschied zwischen den Gruppen in Anbetracht der Mediane der Differenzen von T2 zu T3. Somit liegen die Mediane der Differenzen bezüglich der Gruppen näher beieinander als die Zu- oder Abnahme der Leistungsfähigkeit der ProbandInnen der jeweiligen Gruppen über die Zeit. Bei der Kontrollgruppe wurden keine Zeiteffekte festgestellt. Unterschiede der primären Parameter der Gruppen zu T3, wie schon zu T2, konnten nicht festgestellt werden. Das bedeutet, dass die Interventionen sich positiv auf die isometrischen Kraftparameter der LP und HP Gruppen ausgewirkt haben. Jedoch scheint der Zeiteffekt nicht ausreichend, um einen Unterschied zwischen den Gruppen bei der Abschlussuntersuchung zu bewirken. Die erhöhte Proteinaufnahme hatte daher keinen zusätzlichen positiven Effekt auf die primären Parameter.

Obwohl Liao et al. (2019) Vorteile einer kombinierten Protein- und Krafttrainingsintervention auf Beinkraft und Leistungsfähigkeit beim Gehen bei sarkopenischen Personen und Liao et al. (2017) bei übergewichtigen Personen gefunden haben, gibt es Studien, die keinen Vorteil einer erhöhten Proteinaufnahme festgestellt haben (Leenders et al., 2013; Thomas et al., 2016; Xu et al., 2014). Die vorliegende Arbeit unterstützt somit Letzteres.

Wie schon Denison et al. (2015) beschrieben haben, bewirkt eine kombinierte Protein- und Trainingsintervention Zuwächse bei der Muskelkraft, jedoch hat eine unterschiedlich hohe Proteinsupplementation keinen zusätzlichen Effekt. Dies sind vergleichbare Ergebnisse zu

der vorliegenden Arbeit. Die ProbandInnen haben somit in diesem Bereich durch die Teilnahme an den Interventionen der NutriAging Studie profitiert.

Ein Grund dafür, dass in der vorliegenden Arbeit vergleichsweise wenige signifikante Unterschiede gefunden wurden, könnte an den grundsätzlich gesunden ProbandInnen liegen. Im höheren Alter (65+) haben sowohl gebrechliche Personen als auch Personen mit Sarkopenie laut Gade et al. (2018) und Cermak et al. (2012) weitaus mehr von einer erhöhten Proteinaufnahme. Dies wird auch von den Funden von Deutz et al. (2014) unterstützt, welche Sarkopenie und krankheitsbedingte Probleme bei der Proteinaufnahme und -verarbeitung als Ursache für einen erhöhten Proteinbedarf festgestellt haben.

Bei der Interpretation der aufgezeigten Ergebnisse aus der NutriAging Studie ist zu beachten, dass nur Übungen für die Kräftigung der unteren Extremitäten, welche an Maschinen durchgeführt wurden, in dieser Arbeit berücksichtigt wurden. In Verbindung mit der zuvor festgestellten Zunahme der isometrischen Kraft von T2 auf T3 scheint die alleinige Betrachtung der zwei ausgewählten Krafttrainingsübungen nicht ausreichend, um die Kraftzunahme zu erklären.

4.2 Stärken und Limitationen der Studie

Obwohl in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Auswirkungen einer erhöhten Proteinaufnahme nachgewiesen werden konnten, setzt die NutriAging Studie einen Schritt in die richtige Richtung.

Als positiver Aspekt ist hervorzuheben, dass für die Überprüfungen der Leistungsfähigkeit zu den Testzeitpunkten 1-3 mit der Anwendung der Senior Fitness Test Battery standardisierte Tests für ältere Personen angewendet wurden (Rikli & Jones, 2013).

Darüber hinaus ist das Studiendesign als äußerst positiv zu bewerten. Als Beobachterblinde, randomisierte Studie mit vielen TeilnehmerInnen erfüllt sie die Kriterien, die beispielsweise von Deer & Volpi (2015) für eine aussagekräftige Studie bereits gefordert wurden. Zusätzlich steigert das Vorhandensein einer Kontrollgruppe die Aussagekraft. Für die HP Gruppe war mit den vorgegebenen 2 g Protein/kg Körpergewicht/Tag eine deutlich höhere Aufnahmemenge als die empfohlene Tagesdosis für den deutschsprachigen Raum vorgesehen. Wie Traylor et al. (2018) schon angemerkt haben, sind Studien mit Proteinaufnahmen über der empfohlenen Proteinmenge erforderlich, um neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Eine Arbeit von Silva et al. (2014), welche Krafttrainings bei älteren Personen behandelt, zeigt, dass unterschiedliche Kombinationen von Trainingsfrequenz, Anzahl der Sätze und Trainingsintensität allesamt Kraftzuwächse bewirken. Der einzig signifikante Parameter ist der Trainingszeitraum, der 8-52 Wochen andauern sollte. Damit erfüllt die NutriAging Studie den nach Silva et al. (2014) wichtigsten Parameter bei der Trainingsgestaltung eines Krafttrainings für ältere Personen.

Jedoch hat sich nach Auswertung der tatsächlichen Proteinaufnahme gezeigt, dass die HP Gruppe im Schnitt nur 1,6 g/kg Körpergewicht an Protein aufgenommen hat. Dies weist darauf hin, dass trotz der Betreuung während der Studie und der Vorgaben zur Ernährung die Aufnahme von erhöhten Proteinmengen bei älteren Personen Schwierigkeiten birgt. Gründe dafür können vielfältig sein, wie eingangs mit den Arbeiten von Deutz et al. (2014) und Bauer et al. (2013) dargestellt.

Viele der bisher durchgeführten Studien beziehen positive Effekte entweder auf das Körpergewicht oder die fettfreie Masse. Bei der NutriAging Protein Studie wurde beides festgehalten, was den Vergleich zukünftiger Studien mit den erhobenen Daten erleichtern dürfte.

Die Trainingsgruppen bestanden aus etwa 8 ProbandInnen, teilweise bis zu 10. Eine Arbeit die sich mit der Erstellung eines Trainingsprogramms für gebrechliche ältere Personen befasst (A Paw, Marijke J.M. Chin, Jong, Stevens, Bult, & Schouten, 2001) gibt an, dass eine Gruppengröße von 8-15 Teilnehmern unter der Anleitung einer erfahrenen TrainerIn möglich sei. Was in diesem Zusammenhang erfahren genau meint wurde nicht genauer beschrieben, jedoch könnte es einen Hinweis auf die Auswahl der TrainerInnen geben. Wie erfahren die verschiedenen TrainerInnen der NutriAging Studie und deren einspringenden Ersatztrainer waren wurde nicht festgehalten. Es hätten aber, wenn möglich, die von der Studienleitung gewünschten zwei TrainerInnen bei den Krafttrainings vor Ort sein sollen, um die Übungsausführung zu überwachen und bei Fragen verfügbar zu sein. Die Anzahl der TrainerInnen war entweder durch die generell mangelnde Verfügbarkeit oder durch krankheitsbedingte Ausfälle eingeschränkt. Daher konnte der gewünschte Betreuungsschlüssel nicht immer erreicht werden.

Zu beachten ist auch, dass ProbandInnen gegebenenfalls trotz Zuspruch durch die TrainerInnen sich in manchen Fällen nicht bereit gefühlt haben, das Gewicht in dem erforderlichen Ausmaß zu erhöhen. Eine signifikante Progression konnte erst festgestellt

werden, als ein zusätzlicher Satz ab Trainingseinheit 13 hinzugefügt und somit die Wiederholungszahl erhöht wurde. Die TeilnehmerInnen könnten durch das Schaffen der erhöhten Wiederholungszahl mehr Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit geschöpft und sich dadurch getraut haben, sich ausgiebiger zu belasten. Ein Grund, warum die Gewichtserhöhung nicht davor stattfand, könnte auch die Angst vor Schmerz gewesen sein. Al-Obaidi, Nelson, Al-Awadhi, & Al-Shuwaie (2000) haben festgestellt, dass nicht nur der gefühlte Schmerz, sondern die Antizipation von Schmerz und die daraus folgende Vermeidung von körperlicher Aktivität Unterschiede in der körperlichen Leistungsfähigkeit ausmachen.

Eine weitere Herausforderung lag darin, einerseits möglichst präzise Anweisungen für die Durchführung der Übungen zu geben und andererseits für die ProbandInnen diese entsprechend umzusetzen. Anzunehmen ist, dass ein Teil der ProbandInnen die Chance bei der Studie genutzt haben, sich entweder nach langer Zeit wieder oder ganz neu regelmäßig körperlich im Rahmen eines Krafttrainings zu betätigen. Für die ProbandInnen könnte es ungewohnt gewesen sein, sich ihrem Leistungsmaximum anzunähern und den eigenen Erschöpfungsgrad festzustellen, wenn sie die Grenzen ihres eigenen Körpers nicht (mehr) so gut kennen. Da es Zusammenhänge zwischen der BORG Skala und dem 1-Wiederholungs-Maximum gibt, kann die BORG Skala eine Orientierung für die Wahl des Gewichts anhand der wahrgenommenen Erschöpfung bieten (Row, Knutzen, & Skogsberg, 2012). Die bei Row et al. (2012) untersuchten Personen hatten jedoch Erfahrung mit Krafttrainings. Unter Umständen hätte die Feststellung des 1-Wiederholungs-Maximums und die daran orientierte Trainingssteuerung eine Alternative für das Vorgehen in der NutriAging Studie geboten.

Darüber hinaus wurden Trainingsübung und die Testübung durchgeführt, die sich sehr ähnelten, aber dennoch nicht ident waren. So gab es beim Krafttraining Kniebeugen, bei denen eine Sitzfläche nur kurz berührt werden sollte und die Beine dann sofort wieder gestreckt wurden. Beim, der Übung entsprechenden, 30 Sekunden Aufstehetest war es vorgesehen, dass sich die ProbandInnen in einer gewissen Zeit so oft wie möglich ganz hinsetzten, die Rückenlehne berührten und wieder aufstehen sollten. Dieser Unterschied zwischen Training und Test könnte bei der abschließenden Untersuchung dazu geführt haben, dass einige ProbandInnen die Sitzfläche nur berührt haben, statt sich mit dem ganzen Gewicht hinzusetzen. Hellmers et al. (2019) haben eine Technologie entwickelt welche die Ausführung des Aufstehetest messen kann. Mit der Technologie wären

automatische Aufzeichnungen und Vergleiche der Ausführungen von T2 und T3 möglich gewesen. Nachdem das aber nicht das Ziel der NutriAging Studie war, wäre diese Art der Messung nicht praktikabel gewesen.

In Hinblick auf andere Studien in diesem Bereich hat sich, wie auch unter anderem von Finger et al. (2015) angeführt, gezeigt, dass unterschiedliche Formen, Mengen und Aufnahmezeitpunkte der Proteinsupplementation einen Vergleich der Resultate erschweren. Die Ergebnisse unterschiedlicher Studien bezüglich der Wirksamkeit erhöhter Proteinaufnahme beziehen sich beispielsweise teils auf das Gesamtkörpergewicht, teils auf die fettfreie Masse. Hier wäre eine Vereinheitlichung der Angaben von Vorteil, um die Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen und Erkenntnissen zu erleichtern.

4.3 Fazit

In dieser Arbeit konnten nur wenige Verbesserungen der untersuchten Parameter nachgewiesen werden, wobei die körperliche Betätigung im Zuge der Studie für die ProbandInnen generell als positiv einzustufen ist.

Wenn doch Unterschiede nachgewiesen wurden, sind bei der LP und HP Gruppe ähnliche Veränderungen zu beobachten gewesen. Dies könnte durch die nicht eingehaltene Proteinaufnahme der vorgegeben 2 g Protein/kg/Tag durch die HP Gruppe bedingt sein, worauf bei künftigen Studien ein genaueres Augenmerk gelegt werden sollte.

Die isometrische Kraft des Quadrizeps femoris scheint durch die Interventionen gestiegen zu sein, doch der Vergleich der Messungen mit nur zwei der Krafttrainingsübungen scheint nur wenig aussagekräftig. Eine Betrachtung aller Krafttrainingsübungen hätte den Rahmen der vorliegenden Arbeit gesprengt. Diese könnte aber als Ansatzpunkt für eine weiterführende Auseinandersetzung dienen. Bezüglich des Krafttrainings könnten künftige Studien außerdem den Einfluss der Intensität des Trainings in Verbindung mit der Proteinsupplementation noch genauer untersuchen, wie auch bereits von Cermak et al. (2012) vorgeschlagen.

Aufgrund der Erfahrungen, die im Zuge der NutriAging Studie gesammelt wurden, sind darüber hinaus kleinere Gruppengrößen beziehungsweise ein höherer Betreuungsschlüssel bei Trainingsinterventionen zu empfehlen.

Es werden jedenfalls weiterhin langfristige Interventionen bei älteren Personen mit Proteinaufnahmen über den bis jetzt empfohlenen Mengen nötig sein, um die Wirksamkeit auf Muskelmasse, Muskelkraft und Muskelgesundheit festzustellen (Traylor et al., 2018).

Literaturverzeichnis

- A Paw, Marijke J.M. Chin, Jong, N. d., Stevens, M., Bult, P., & Schouten, E. G. (2001). Development of an Exercise Program for the Frail Elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 9(4), 452–465. <https://doi.org/10.1123/japa.9.4.452>
- Aglago, E. K., Landais, E., Nicolas, G., Margetts, B., Leclercq, C., Allemand, P., . . . Slimani, N. (2017). Evaluation of the international standardized 24-h dietary recall methodology (GloboDiet) for potential application in research and surveillance within African settings. *Globalization and Health*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s12992-017-0260-6>
- Al-Obaidi, S. M., Nelson, R. M., Al-Awadhi, S., & Al-Shuwaie, N. (2000). The role of anticipation and fear of pain in the persistence of avoidance behavior in patients with chronic low back pain. *Spine*, 25(9), 1126–1131. <https://doi.org/10.1097/00007632-200005010-00014>
- Arnarson, A., Gudny Geirsdottir, O., Ramel, A., Briem, K., Jonsson, P. V., & Thorsdottir, I. (2013). Effects of whey proteins and carbohydrates on the efficacy of resistance training in elderly people: double blind, randomised controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(8), 821–826. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.40>
- Bauer, J., Biolo, G., Cederholm, T., Cesari, M., Cruz-Jentoft, A. J., Morley, J. 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>
- Benavent-Caballer, V. (2016 July 15). *The effectiveness of exercise interventions and the factors associated with the physical performance in older adults*. University CEU Cardenal Herrera. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-the-6-minute-Walk-Test_fig8_315698817
- Bosaeus, I., & Rothenberg, E. (2016). Nutrition and physical activity for the prevention and treatment of age-related sarcopenia. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 75(2), 174–180. <https://doi.org/10.1017/S002966511500422X>
- Carlsson, M., Littbrand, H., Gustafson, Y., Lundin-Olsson, L., Lindelöf, N., Rosendahl, E., & Håglin, L. (2011). Effects of high-intensity exercise and protein supplement on muscle mass in ADL dependent older people with and without malnutrition: a randomized controlled trial. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 15(7), 554–560. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0017-5>
- Cermak, N. M., Res, P. T., de Groot, Lisette C P G M, Saris, W. H. M., & Van Loon, Luc J C (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(6), 1454–1464. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.037556>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., . . . Zamboni, M. (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
- Deer, R. R., & Volpi, E. (2015). Protein intake and muscle function in older adults. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 18(3), 248–253. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000162>

- Denison, H. J., Cooper, C., Sayer, A. A., & Robinson, S. M. (2015). Prevention and optimal management of sarcopenia: a review of combined exercise and nutrition interventions to improve muscle outcomes in older people. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 859–869. <https://doi.org/10.2147/CIA.S55842>
- Deutz, N. E. P., Bauer, J. M., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., . . . Calder, P. C. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 33(6), 929–936. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.04.007>
- Finger, D., Goltz, F. R., Umpierre, D., Meyer, E., Rosa, L. H. T., & Schneider, C. D. (2015). Effects of protein supplementation in older adults undergoing resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(2), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0269-4>
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., . . . McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146-56. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146>
- Gade, J., Pedersen, R. J., & Beck, A. M. (2018). Effect of Protein or Essential Amino Acid Supplementation During Prolonged Resistance Exercise Training in Older Adults on Body Composition, Muscle Strength, and Physical Performance Parameters: A Systematic Review. *Rehabilitation Process and Outcome*, 7, 117957271876576. <https://doi.org/10.1177/1179572718765760>
- Godard, M. P., Williamson, D. L., & Trappe, S. W. (2002). Oral amino-acid provision does not affect muscle strength or size gains in older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1126–1131. <https://doi.org/10.1097/00005768-200207000-00012>
- Hellmers, S., Fudickar, S., Lau, S., Elgert, L., Diekmann, R., Bauer, J. M., & Hein, A. (2019). Measurement of the Chair Rise Performance of Older People Based on Force Plates and IMUs. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/s19061370>
- Humac NORM. Isokinetischer Dynamometer Humac NORM. Retrieved from <https://csmisolutions.com/products/isokinetic-extremity-systems/humac-norm>
- Humayun, M. A., Elango, R., Ball, R. O., & Pencharz, P. B. (2007). Reevaluation of the protein requirement in young men with the indicator amino acid oxidation technique. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(4), 995–1002. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.4.995>
- Joint Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition; Weltgesundheitsorganisation; FAO; United Nations University; Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation ; [Geneva, 9 - 16 April 2002]. WHO technical report series: Vol. 935*. Geneva: WHO.
- 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>
- Karpman, C., LeBrasseur, N. K., DePew, Z. S., Novotny, P. J., & Benzo, R. P. (2014). Measuring Gait Speed in the Out-Patient Clinic: Methodology and Feasibility. *Respiratory Care*, 59(4), 531–537. <https://doi.org/10.4187/respcare.02688>
- Kim, H. K., Suzuki, T., Saito, K., Yoshida, H., Kobayashi, H., Kato, H., & Katayama, M. (2012). Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and

- physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 16–23. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03776.x>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>
- Leenders, M., Verdijk, L. B., van der Hoeven, L., van Kranenburg, J., Nilwik, R., Wodzig, Will K W H, . . . Van Loon, Luc J C (2013). Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(3), 542–552. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318272fcd6>
- Liao, C.-D., Chen, H.-C., Huang, S.-W., & Liou, T.-H. (2019). The Role of Muscle Mass Gain Following Protein Supplementation Plus Exercise Therapy in Older Adults with Sarcopenia and Frailty Risks: A Systematic Review and Meta-Regression Analysis of Randomized Trials. *Nutrients*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/nu11081713>
- Liao, C.-D., Tsauo, J.-Y., Wu, Y.-T., Cheng, C.-P., Chen, H.-C., Huang, Y.-C., . . . Liou, T.-H. (2017). Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 106(4), 1078–1091. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.143594>
- Lungensport (2018). Sit-to-Stand Test. Retrieved from <https://www.lungensport.org/files/lungensport/Handbuch%20Lungensport/online-Content/Sit%20to%20Stand%20Test.pdf>
- Mijnarends, D. M., Meijers, J. M. M., Halfens, R. J. G., ter Borg, S., Luiking, Y. C., Verlaan, S., . . . Schols, Jos M G A (2013). Validity and reliability of tools to measure muscle mass, strength, and physical performance in community-dwelling older people: a systematic review. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(3), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.10.009>
- Morley, J. E., Anker, S. D., & Haehling, S. von (2014). Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology-update 2014. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 5(4), 253–259. <https://doi.org/10.1007/s13539-014-0161-y>
- Paddon-Jones, D., & Leidy, H. (2014). Dietary protein and muscle in older persons. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 17(1), 5–11. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000011>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Rafii, M., Chapman, K., Elango, R., Campbell, W. W., Ball, R. O., Pencharz, P. B., & Courtney-Martin, G. (2015). Dietary Protein Requirement of Men 65 Years Old Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Technique Is Higher than the Current Estimated Average Requirement. *The Journal of Nutrition*, 146(4), 681–687. <https://doi.org/10.3945/jn.115.225631>
- Rafii, M., Chapman, K., Owens, J., Elango, R., Campbell, W. W., Ball, R. O., . . . Courtney-Martin, G. (2015). Dietary protein requirement of female adults 65 years determined by the indicator amino acid oxidation technique is higher than current recommendations. *The Journal of Nutrition*, 145(1), 18–24. <https://doi.org/10.3945/jn.114.197517>

- Rees, A. (2017, Oktober 14). Beinpresse einbeinig, sitzend und horizontal? Retrieved from <https://www.fitundattraktiv.de/beinpresse-einbeinig-sitzend-und-horizontal/>
- Rees, A. (2018, February 12). Beincurls liegend, sitzend oder stehend? Retrieved from <https://www.fitundattraktiv.de/beincurls-liegend-sitzend-oder-stehend/>
- Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr D-A-CH (2. Auflage, 5., aktualisierte Ausgabe 2019) (2019). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Ernährung.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1998). The Reliability and Validity of a 6-Minute Walk Test as a Measure of Physical Endurance in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 6(4), 363–375. <https://doi.org/10.1123/japa.6.4.363>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual* (Second edition). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rosendahl, E., Lindelöf, N., Littbrand, H., Yifter-Lindgren, E., Lundin-Olsson, L., Håglin, L., . . . Nyberg, L. (2006). High-intensity functional exercise program and protein-enriched energy supplement for older persons dependent in activities of daily living: A randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 52(2), 105–113. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(06\)70045-9](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(06)70045-9)
- Row, B. S., Knutzen, K. M., & Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 664–671. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822ac367>
- Sarthaks eConnect (2017). Discuss 8-Foot Up And go Test. Retrieved from <https://www.sarthaks.com/14782/discuss-8-foot-up-and-go-test>
- Silva, N. L., Oliveira, R. B., Fleck, S. J., Leon, Antonio C M P, & Farinatti, P. (2014). Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: a meta-analysis of dose-response relationships. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(3), 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.009>
- Statistik Austria (2019, July 31). Lebenserwartung bei der Geburt 1970 bis 2018 nach Bundesländern und Geschlecht. Retrieved from http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/sterbefaeln/022522.html
- Thomas, D. K., Quinn, M. A., Saunders, D. H., & Greig, C. A. (2016). Protein Supplementation Does Not Significantly Augment the Effects of Resistance Exercise Training in Older Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(10), 959.e1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.07.002>
- Tieland, M., van de Rest, O., Dirks, M. L., van der Zwaluw, N., Mensink, M., Van Loon, Luc J C, & de Groot, Lisette C P G M (2012). Protein supplementation improves physical performance in frail elderly people: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(8), 720–726. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.07.005>
- Trabal, J., Forga, M., Leyes, P., Torres, F., Rubio, J., Prieto, E., & Farran-Codina, A. (2015). Effects of free leucine supplementation and resistance training on muscle strength and functional status in older adults: a randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 713–723. <https://doi.org/10.2147/CIA.S75271>
- Traylor, D. A., Gorissen, S. H. M., & Phillips, S. M. (2018). Perspective: Protein Requirements and Optimal Intakes in Aging: Are We Ready to Recommend More Than the Recommended Daily Allowance? *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 9(3), 171–182. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy003>

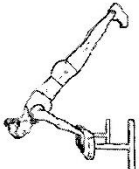
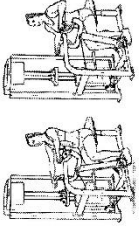
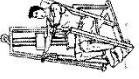
- Van Driessche, S., van Roie, E., Vanwanseele, B., & Delecluse, C. (2018). Test-retest reliability of knee extensor rate of velocity and power development in older adults using the isotonic mode on a Biodex System 3 dynamometer. *PloS One*, 13(5), e0196838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196838>
- Verdijk, L. B., Jonkers, R. A. M., Gleeson, B. G., Beelen, M., Meijer, K., Savelberg, H. C. M., . . . Van Loon, L. J. C. (2009). Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(2), 608–616. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26626>
- Volpi, E., Campbell, W. W., Dwyer, J. T., Johnson, M. A., Jensen, G. L., Morley, J. E., & Wolfe, R. R. (2013). Is the optimal level of protein intake for older adults greater than the recommended dietary allowance? *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(6), 677–681. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls229>
- Vukovich, M. D., Stubbs, N. B., & Bohlken, R. M. (2001). Body composition in 70-year-old adults responds to dietary beta-hydroxy-beta-methylbutyrate similarly to that of young adults. *The Journal of Nutrition*, 131(7), 2049–2052. <https://doi.org/10.1093/jn/131.7.2049>
- Walston, J. D. (2012). Sarcopenia in older adults. *Current Opinion in Rheumatology*, 24(6), 623–627. <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e328358d59b>
- Williams, M. A., Haskell, W. L., Ades, P. A., Amsterdam, E. A., Bittner, V., Franklin, B. A., . . . Stewart, K. J. (2007). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*, 116(5), 572–584. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214>
- Xu, Z.-r., Tan, Z.-j., Zhang, Q., Gui, Q.-f., & Yang, Y.-m. (2014). Clinical effectiveness of protein and amino acid supplementation on building muscle mass in elderly people: a meta-analysis. *PloS One*, 9(9), e109141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109141>

Trainingsprotokoll		Code: _____		Gruppe: _____	
Übung	Aufwärmen ☐ Cross Trainer ☐ Rad 5 Minuten	A1 - Kniebeuge	A2 - Beinbeuger	B1 - Latzug	B2 – Schulterdrücken
Einstellungen	Steigung: Wiederstand:		Sitz: Rolle Knie: Rolle Wade:	Griffbreite: Eine Hand breiter als Schulterbreite!	
Datum	Biofaktoren Befinden Motivation Schlaf Schlafstunden: Durchgeschlafen: ja ☐ nein ☐	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:
	Befinden Motivation Schlaf Schlafstunden: Durchgeschlafen: ja ☐ nein ☐	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:
	Befinden Motivation Schlaf Schlafstunden: Durchgeschlafen: ja ☐ nein ☐	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:
	Befinden Motivation Schlaf Schlafstunden: Durchgeschlafen: ja ☐ nein ☐	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:	Satz 1 2 Gewicht: WH: Borg:

Abbildung 25: Trainingsprotokoll der ProbandInnen (Seite 1)

Trainingsprotokoll Gruppe: _____

Code: _____

Übung	C1 - Beinpresse 	C2 - Stütz 	D1 - Rudern 	D2 - Brustpresse 
Einstellungen	Schlitten: Zehenposition:	Höhe:	Sitzhöhe: Brustpolster:	Sitzhöhe:
Datum	Biofaktoren Befinden ☹️ 😐 😊 Motivation ☹️ 😐 😊 Schlaf ☹️ 😐 😊 Schlafstunden: _____ Durchgeschlafen: ja ☐ nein ☐			
	Besonderheiten:			
	Besonderheiten:			
	Besonderheiten:			

	Satz	1	2	Satz	1	2	Satz	1	2
Gewicht:									
WH:									
Borg:									
Gewicht:									
WH:									
Borg:									
Gewicht:									
WH:									
Borg:									
Gewicht:									
WH:									
Borg:									

Abbildung 26: Trainingsprotokoll der ProbandInnen (Seite 2)

Erklärung

Hiermit gebe ich die Versicherung ab, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Wien, am 17.06.2020