



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer
Ernährungsintervention auf die körperliche
Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren
Frauen

verfasst von

Kerstin Wohlmuth, Bakk. rer. nat.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 066 826
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Magisterstudium Sportwissenschaft
Betreuerin / Betreuer:	Assoz.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Barbara Wessner

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

VORWORT

Ziel dieser Interventionsstudie ist es, die Auswirkungen von progressiven Krafttraining mit bzw. ohne Verabreichung eines insbesondere für ältere Personen entwickelten, kommerziell erhältlichen Proteinsupplements auf die funktionelle Leistungsfähigkeit bzw. Muskelkraft von Bewohnerinnen von Wiener Pensionistenwohnheimen zu untersuchen.

Diese Arbeit entstand in Zusammenhang mit der Studienplattform *Active Ageing* der Universität Wien, die durch mein Forschungspraktikum ermöglicht wurde und in der ich in vielerlei Hinsicht stark mit eingebunden wurde.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Betreuerin Assoz.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Barbara Wessner bedanken, die mir bei diesem Projekt fachlich und persönlich beiseite stand und mir zu der Gelegenheit nicht nur für die Mitwirkung bei der *Active Ageing* Plattform selbst, sondern auch für diese Magisterarbeit verholffen hat.

Mein Studienkollege Thomas Wolf war immer hilfsbereit und verlässlich, worüber ich sehr dankbar bin, und ich bin froh, dass ich durch unsere enge Zusammenarbeit im Studium einen so lieben und wertvollen Freund dazu gewonnen habe.

Mein Dank gilt vor allem meiner lieben Familie, besonders meiner Mutter und meinem Vater, die mir das Studium ermöglichten und mich während meiner gesamten Studienzzeit unterstützten, mich ermutigten und immer für mich da waren.

Auch meinen Freunden bzw. Freundinnen, die mich in diesem Abschnitt begleitet haben, möchte ich danken. Vor allem meinem lieben Freund Christopher, der Geduld und Motivation für mich und mein Studium aufbrachte und stets an meiner Seite ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Durch den rasanten demographischen Wandel wird die Prävalenz der Sarkopenie, des altersassoziierten Verlusts von Muskelmasse, -kraft und funktioneller Leistungsfähigkeit, zukünftig weiter ansteigen. Die Folgen sind erheblich und führen von Immobilität, über Gebrechlichkeit und erhöhtem Sturzrisiko bis hin zur Institutionalisierung. Daher haben Lebensstilinterventionen, wie Krafttraining und Nahrungssupplementierung, in der geriatrischen Therapie eine zunehmend wichtige Bedeutung.

Ziel der Studie: Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen von progressiven Krafttraining (Thera Band) mit bzw. ohne Verabreichung eines Proteinsupplements auf die funktionelle Leistungsfähigkeit und Muskelkraft von älteren, institutionalisierten Frauen zu untersuchen.

Methodik: Die vorliegende Studie wurde als prospektive, randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie durchgeführt. 103 Frauen (Alter 65+), wohnhaft in Wiener Pensionistenheimen, wurden dabei in eine der 3 Studiengruppen randomisiert: Krafttraining (KT); Krafttraining plus Ernährungsintervention (KTS) und kognitives Training (KO). Vor, bzw. 3 und 6 Monate nach Studienbeginn werden folgende Parameter zur Messung der Muskelkraft untersucht: *Isokinetische Kraftmessung der Knieextension (PTE) bzw. -flexion (PTF), Handgriffkraft, 30Sek-Aufstehetest, Armhebetest, Functional Reach Test, Gehgeschwindigkeit und 6min-Gehtest*. Die statistische Analyse erfolgte mittels einer ANOVA mit Messwertwiederholung (Zeit: 0, 3, 6 Monate, Gruppen: KT, KTS, KO).

Resultate: Es wurde ein signifikanter Interaktionseffekt bei der Variable PTF 60°/s ($p=0,027$) gefunden (KT +18,67%, KTS +10,67% und KO -6,67%, jeweils zwischen 0-6 Monate). Bei PTF 60°/s, PTE/PTF Ratio 60°/s, PTE und PTF 120°/s, dem Aufstehetest, dem Armhebetest sowie bei der Gehgeschwindigkeit wurden signifikante Zeiteffekte ($p<0,05$) ermittelt. Signifikante Gruppeneffekte ($p<0,05$) wurden bei der Handgriffkraft, dem Aufstehetest und dem Functional Reach Test aufgedeckt.

Conclusio: Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass alle Interventionen positive Effekte auf die körperliche Leistungsfähigkeit von älteren, institutionalisierten Frauen hatten. Wie erwartet war das Krafttrainingsprogramm sicher (keine trainingsbedingten Verletzungen). Obwohl das Krafttraining positive Effekte auf die PTF gezeigt hat, konnten wir keine generellen positiven Auswirkungen auf die körperliche Leistungsfähigkeit von älteren Frauen detektieren. Möglicher Weise waren zu niedrige Belastungsintensitäten und -umfänge für diese Resultate verantwortlich. Auch die Protein-Supplementierung führte zu keiner Verstärkung der Trainingseffekte. Zusammengefasst werden weitere Studien nötig sein, um die exakte Dosis-Wirkungsbeziehung von elastischen Trainingsmitteln bzw. die Effekte von kognitiven Training auf die körperliche Leistungsfähigkeit zu bestimmen.

ABSTRACT

Background: Due to the rapid demographic development, the prevalence of sarcopenia, the age-related decline in muscle mass, muscle strength and function, is expected to increase in future. The consequences are serious and result in immobility, frailty, increased risk of falling and institutionalization. Thus, lifestyle interventions like resistance training and nutritional supplementation play an essential role in the geriatric therapy.

Purpose of the study: The aim of this study was to evaluate the effects of a progressive strength training (elastic tubes) with or without nutritional supplementation on the functional capacity and muscle strength of institutionalized, elderly women.

Methods: The present intervention study was conducted in a randomized, controlled, observer-blind design. Institutionalized females (n=103, age 65+) were randomly assigned to one of the three intervention groups: resistance training (KT), resistance training + supplement (KTS) and cognitive training (KO). Before as well as 3 and 6 months following the intervention the following parameters for muscle strength testing were used: *isokinetic torque measurement of knee extension (PTE) and flexion (PTF) at 60°/s and 120°/s, handgrip strength, 30s-chair-stand test, arm-lifting test, functional reach test, gait speed and 6-min-walking test*. For statistical analyses a repeated measured ANOVA (time: 0, 3, 6 months, groups: KT, KTS, KO) was used.

Results: A significant group x time intervention effect ($p=0.027$) could be found for *PTF at 60°/s* (KT +18.67%, KTS +10.67% and KO -6.67% between 0 and 6 months, respectively). Improvements over time ($p<0.05$) were found for *PTF (60°/s), the PTE/PTF ratio (60°/s), PTE and PTF at 120°/s, 30s-chair-stand test, arm-lifting test and gait speed*. A group effect ($p<0.05$) was detected for *handgrip strength, 30s-chair-stand test and functional reach test*.

Conclusio: This study has shown that all intervention programs including cognitive training were able to improve physical function of institutionalized, older women. As expected the strength training interventions were safe (no training-induced injuries). Although strength training was superior to increase PTF, we could not clearly confirm a general positive influence of resistance training on physical performance in elderly women. Possibly, intensity and frequency were too low to detect significant group x time interaction effects. However, protein supplementation did not offer additional benefits to the training effects. Taken together, further research is needed to precisely analyse the effects of cognitive training on physical performance of elderly and the dose-response relationship of elastic band resistance training.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	3
ZUSAMMENFASSUNG	4
ABSTRACT	5
INHALTSVERZEICHNIS	6
1 EINLEITUNG	9
1.1. DIE MUSKULATUR IM ALTER	9
1.1.1 Allgemeine altersassoziierte Veränderungen.....	10
1.1.2 Altersbedingte Veränderungen der Muskelmasse & Muskelkraft.....	11
1.2. SARKOPENIE – EIN ALTERSBEDINGTES SYNDROM	15
1.2.1 Definition.....	15
1.2.2 Ursachen der Sarkopenie	18
1.2.3 Epidemiologie	21
1.2.4 Prävalenz von Sarkopenie	21
1.3. INTERVENTION & THERAPIE.....	25
1.3.1 Bewegungsintervention & Krafttraining	25
1.3.2. Ernährungsintervention & Proteinsupplementierung	28
1.3.3. Kombinierte Trainings- und Ernährungsintervention.....	30
1.3.4. Einfluss des Lebensumfelds	31
1.4. ZIELE DER STUDIE UND FRAGESTELLUNGEN.....	33
2 METHODE	34
2.1 STUDIENDESIGN	34
2.2 STUDIENTEILNEHMER/INNEN	34
2.2.1 Rekrutierung	35
2.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien.....	35
2.3 INTERVENTION	36
2.4 TESTBATTERIE	38
2.4.1 Isokinetische Drehmomentmessung der Beinmuskulatur	38
2.4.2 Isometrische Messung der Handgriffkraft (handgrip strength).....	39
2.4.3 30-Sekunden-Aufstehetest (30s-chair-stand test)	39
2.4.4 Functional-Reach Test	40

2.4.5 Armhebetest (arm-lifting test)	40
2.4.6 Geh-/Schrittgeschwindigkeit (gait speed)	41
2.4.7 6-Min-Gehtest (6-Min-Walking Test)	41
2.5 DATENERHEBUNG SOWIE -AUSWERTUNG	42
3 RESULTATE	43
3.1 STUDIENBETEILIGUNG.....	43
3.2 DESKRIPTIVE BESCHREIBUNG DER STUDIENTEILNEHMERINNEN	45
3.3 ERGEBNISDARSTELLUNG DER KRAFTMESSUNG UND FUNKTIONELLEN PARAMETER.....	47
3.3.1 Isokinetische Drehmomentmessung –.....	53
Knieextension & -flexion bei 60°/s.....	53
3.3.2 Isokinetische Drehmomentmessung –.....	56
3.3.3 Isometrische Handgriffkraft (handgrip strength).....	59
3.3.4 30-Sekunden-Aufstehetest (30s-chair-stand test).....	61
3.3.5 Functional-Reach Test.....	63
3.3.6 Armhebetest (arm-lifting test)	65
3.3.7 Geh-/Schrittgeschwindigkeit (gait speed)	68
3.3.8 6-Min-Gehtest (6-min-walking test).....	69
3.3.9 Korrelationen.....	70
4 DISKUSSION	74
5 CONCLUSIO	84
6 LITERATURVERZEICHNIS	85
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	95
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	96
TABELLENVERZEICHNIS	97
ANHANG	98

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

1 EINLEITUNG

1.1. DIE MUSKULATUR IM ALTER

Der menschliche Muskel, unser Schlüssel zur Bewegung, unterliegt einem ständigen Wandel. Vor allem mit dem Altern, ein natürlicher Prozess, der uns ein Leben lang begleitet, erfährt die Muskulatur enorme Veränderungen hinsichtlich ihrer Muskelmasse sowie ihrer Qualität (Von Haehling et al. 2010). Die maximale Krafftähigkeit, die mit 20 bis 30 Jahren ihr Höchstmaß erreicht, verringert sich mit zunehmendem Alter (Spiriduso et al. 2005), was sich negativ auf die körperliche Leistungsfähigkeit sowie Mobilität älterer Menschen auswirken kann. Der menschliche Alterungsprozess wird mit einem natürlichen Verlust an fettfreier Muskelmasse sowie Muskelkraft bei kombinierter Reduktion der physischen Leistungsfähigkeit assoziiert (Lang et al. 2010). Der Verlust von skelettaler Muskelmasse und der damit verbundenen Verringerung der Muskelkraft wird unter dem Begriff *Sarkopenie* zusammengefasst, ein Phänomen das auch bei gesunden, älteren Personen auftritt (Doherty 2003). Sie hängt mit einer erhöhten Sturzhäufigkeit, einer Reduktion der Selbstständigkeit im täglichen Leben und somit mit dem Verlust der Unabhängigkeit älterer Personen zusammen (Scott et al. 2011). Demnach gewinnt das geriatrische Syndrom Sarkopenie in der Geriatrie auch zunehmend an Bedeutung. Praktisch alle motorischen Funktionen, die ein unabhängiges Leben gewährleisten (ADL, Gang, basale Aktivitäten im Alltag) setzen ein Minimum an Muskelmasse und entsprechender Muskelkraft voraus und haben dementsprechend Einfluss auf die Lebensqualität älterer Menschen. Besonders die Kraftminderung der unteren Extremität sarkopener Personen ist häufig ein Indikator für Gebrechlichkeit und Sturzrisiko, was erhebliche Folgen mit sich ziehen kann.

Durch den rasanten demographischen Wandel stellen ältere Menschen die am stärksten wachsende Bevölkerungsgruppe in unserer Gesellschaft dar. Demzufolge ist das Verständnis für physische Alterungsprozesse und deren komplexe Einflussfaktoren von zentraler Bedeutung, um adäquate Interventionsstrategien erforschen und entwickeln zu können. Im Folgenden werden wesentliche altersbedingte Veränderungen des kardiovaskulären Systems und der Skelettmuskulatur beschrieben und die Auswirkungen und Effekte von regelmäßigem Krafttraining auf die Muskulatur dargestellt.

1.1.1 Allgemeine altersassoziierte Veränderungen

Der progrediente Alterungsprozess des Organismus, der aus medizinischer Sicht mit etwa 35 Jahren einsetzt (Spirduso et al. 2005), ist multifaktoriell bedingt und bringt zahlreiche Veränderungen unterschiedlicher Organ- bzw. Funktionssysteme und des Bewegungsapparates mit sich. Bislang wurden verschiedenste gerontologische Theorien entwickelt, die die multiplen Ursachen des Alterns ergründen und einen näheren Einblick in diese komplexe Thematik geben (Spirduso et al. 2005), jedoch gibt es bis heute keine eindeutig bestätigt und einheitliche Alternstheorie.

Im Allgemeinen kommt es mit zunehmenden Alter zu einer Reduktion der Körpergröße (ca. 1cm pro Dekade) und der Körpermasse bei gleichbleibenden BMI, wobei dies durch den Abnahme von Muskelmasse bzw. fettfreier Masse (ab dem 30. Lebensjahr) bei zeitgleicher Zunahme vom Gesamtkörperfett ausgeglichen wird (Spirduso et al. 2005). Neben dem Anstieg des prozentualen Gesamtkörperfetts spielt v.a. die Fettverteilung von subkutanen zu intra-abdominalen Fett eine entscheidende Rolle im höheren Alter, da dies mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen verbunden wird (World Health Organization 2000).

Altersbedingt kommt es außerdem zu einer Abnahme der Knochendichte von etwa 0,7-1%/Jahr ab dem 50. Lebensjahr für Frauen und Männer (ab der Menopause steigt der Abbau bei Frauen auf 2-3%/Jahr) mit zunehmender Abnahme ab der 8. und 9. Dekade (Spirduso et al. 2005). Die reduzierte Knochenmineraldichte wird durch eine inadäquate Kalziumaufnahme, Vitamin D-Mangelscheinungen, Östrogenmangel bzw. andere hormonelle Veränderungen (z.B. Abnahme des Wachstumshormonspiegels) sowie einen inaktiven Lebensstil (verminderte mechanische Stimulation) begünstigt und kann zu erheblichen Folgen wie Knochenbrüche, Osteoporose und erhöhtem Sturzrisiko führen (Scharla 2001). Mechanische Druck- und Biegekräfte, verursacht durch Bewegung und Sport, bewirken den Aufbau von Knochenmasse und die Anpassung der Knochenform an die Beanspruchung (Scharla 2001). Nicht nur die Knochen selbst, sondern auch die Gelenke sind häufig von altersassoziierten, degenerativen Veränderungen betroffen, wie z.B. Rheuma und Arthritis, die gleichzeitig eine der häufigsten Krankheitsbilder im höheren Lebensalter darstellen (Scharla 2001). Diese Gelenkerkrankungen spielen neben zahlreichen anderen Faktoren eine wichtige Rolle hinsichtlich der Beweglichkeit bzw. Flexibilität, die mit zunehmenden Alter ebenfalls abnimmt und z.T. alltägliche Bewegungen bzw. Aktivitäten beeinträchtigen (Spirduso et al. 2005).

Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems mit zunehmenden Alter sind mannigfaltig und individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt (Huonker et al. 2002). Strukturelle

Veränderungen, wie die Dickenzunahme von Myokard und arteriellen Gefäßwänden, aber auch funktionelle Veränderungen, die z.B. die myokardiale Kontraktionsgeschwindigkeit betrifft, haben Einfluss auf die Leistungsfähigkeit sowie auf die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen älterer Menschen (Huonker et al. 2002; Fleg & Strait 2012). Obwohl diese altersassoziierten Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems auch bei gesunden Älteren auftreten, besteht eine enge Korrelation zwischen dem Lebensalter und der Häufigkeit kardiovaskulärer Erkrankungen, die die Haupttodesursache bei Männern und Frauen über 65 Jahre darstellen (40% aller Todesfälle in den USA mit 80% aus der Altersgruppe 65+) (Fleg & Strait 2012).

Von der 2. bis zur 8. Lebensdekade nehmen die maximale Herzfrequenz um ca. 1 Schlag pro Jahr (Spirduso et al. 2005) und das maximale Schlagvolumen altersbedingt ab, wodurch es folglich zu einer Abnahme des Herzminutenvolumens und der Sauerstofftransportkapazität bei Belastung kommt (Huonker et al. 2002). Der Verlust an kardialen Schrittmacherzellen ist verantwortlich für die Abnahme der maximalen Herzfrequenzrate unter Belastung sowie der Herzfrequenzvariabilität (Huonker et al. 2002). Der systolische Blutdruck, abhängig von der kardialen Funktion und der Wandelastizität arterieller Gefäßwände, steigt mit zunehmendem Alter an (Huonker et al. 2002; Fleg & Strait 2012), wobei der diastolische Blutdruck typischerweise bis zur 6. Lebensdekade zunimmt und ab dann wieder abfällt (Fleg & Strait 2012). All diese Faktoren wirken sich negativ auf die aerobe Kapazität bzw. Ausdauerleistungsfähigkeit älterer Menschen aus, die beginnend ab dem 4.-5. Lebensjahrzehnt um etwa 8-10% pro Dekade sinkt (Huonker et al. 2002). Laut Longitudinalstudien beginnt die Abnahme der aeroben Leistungsfähigkeit (VO₂max) erst in späteren Lebensjahren (Fleg & Strait 2012). Durch ein regelmäßig durchgeführtes, aerobes Ausdauertraining in Form von Walking, Jogging oder Radfahren kann die VO₂max sowie weitere kardiovaskuläre Parameter gesteigert und somit die aerobe Kapazität auch im höheren Lebensalter verbessert werden (Huonker et al. 2002).

1.1.2 Altersbedingte Veränderungen der Muskelmasse & Muskelkraft

Das Ausmaß der Veränderungen von Muskelkraft sowie -masse wurde sowohl in Longitudinal- als auch in Querschnittuntersuchungen unter Durchführung verschiedener Studiendesigns analysiert, u.a. wurden Geschlechtsunterschiede sowie unterschiedliche Muskelgruppen (obere/untere Extremitäten) berücksichtigt.

Die altersassoziierte Sarkopenie beginnt bereits in der 4. Lebensdekade (Loenneke et al. 2011), jedoch ist das geriatrische Syndrom multifaktoriell bedingt, komplex und individuell

variabel. Im Allgemeinen liegt die jährliche Reduktion der Muskelmasse ab einem Alter von 50 Jahren bei etwa 1-2% (Heahling et al. 2010; 2012). Dieser Verlust wird größtenteils durch eine Erhöhung des Gesamtkörperfetts und der viszeralen Fettmasse kompensiert (Evans 2004), d.h. das Körpergewicht bleibt durch den Anstieg des Körperfettanteils konstant (Reid & Fielding 2012).

Noch höher ist die Abnahme der Muskelkraft mit 1,5% jährlich zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr; später liegt sie bei etwa 3%/Jahr (Von Heahling et al. 2010, 2012; Reid & Fielding 2012). Generell ist der altersbedingte Kraftverlust der unteren Extremität im Vergleich zur Oberen etwas größer, weiters ist die Muskulatur für die Extension stärker betroffen als die der Flexion (Fielding 2011). Die Entwicklung der isometrischen Muskelkraft in der Lebensspanne entspricht der Form einer umgedrehten U-Kurve, d.h. dass die Maximalkraftfähigkeit bis zur dritten Lebensdekade ansteigt und bis zur fünften Dekade konstant bleibt, bis sie ab diesem Zeitpunkt mit zunehmendem Alter wieder abnimmt (Granacher et al. 2012).

Weiters konnten durch Longitudinalstudien wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der altersbedingten Muskelkraftabnahme gewonnen werden, die im Vergleich zu Querschnittstudien etwas größere Verluste der Muskelkraft im Zeitverlauf aufweisen (Doherty et al. 2003; Frontera et al. 2000). Diese Unterschiede sind nach Hughes et al. (2001) alters- sowie geschlechtsspezifisch – z.B. ist bei männlichen Probanden der Kraftverlust der Beinmuskulatur in Longitudinalstudien um ca. 60% größer als in Querschnittuntersuchungen. Interessanterweise jedoch gibt es keine gleichzeitigen Unterschiede zwischen Längs- und Querschnittanalysen bezüglich der Beinmuskulatur weiblicher Probandinnen und bei der Veränderung der Armmuskulatur von Männern und Frauen (Hughes et al. 2001).

Laut Bassegy und Harries (1993) nimmt die Handgriffkraft der Männer um 3% pro Jahr ab; die Verringerung der Handgriffkraft der Frauen liegt bei 5% innerhalb von 4 Jahren. Diese Werte des Kraftverlusts im Längsschnitt sind größer als bei der Querschnittuntersuchung derselben Studie. Im Vergleich hierzu ist die Muskelkraftabnahme der Handgriffkraft in einer 27-jährigen Follow-up-Studie (n=3680) von Rantanen et al. (1998) mit 1%/Jahr etwas geringer. Allerdings war die Abnahme bei Hochbetagten sowie bei chronisch erkrankten Studienteilnehmer/innen (Diabetes, Arthritis) signifikant höher. Weiters wurde eine Querschnittstudie von Kallman et al. (1990) mit 847 Studienteilnehmer/innen zwischen 20 und 100 Jahren durchgeführt, bei der die Maximalwerte der Handgriffkraft in der vierten Dekade den Höhepunkt erreichen und ab diesem Zeitpunkt kurvenförmig abnehmen; bis hin zu einer Kraftreduktion von 37% in der neunten Dekade. Im Längsschnitt allerdings

wiesen rund 15% der Probanden älter als 60 Jahre keinen Kraftverlust innerhalb der neunjährigen Follow-up Periode auf, was auf eine hohe interindividuelle Variabilität hinweist (Kallman et al. 1990).

Grundsätzlich wird die Handgriffkraft als ein eindeutig unabhängiger Prädiktor einer erhöhten (Gesamt-) Mortalität beschrieben (Metter et al. 2004).

Im Rahmen zahlreicher Studien wird neben der Handgriffkraft v.a. die Knieextension als Untersuchungsparameter herangezogen. Die Beinstreckung ist neben ihrer funktionellen Relevanz im Alltag auch relativ leicht zu testen und ist dadurch einer der meist untersuchten Testparameter in der Literatur (Doherty et al. 2003). Die Krafftähigkeit der Beinstreckmuskulatur ist ein wichtiger Prädiktor hinsichtlich Immobilität, physischer Einschränkungen, Verlust der Eigenständigkeit sowie Mortalität (Frontera et al. 2000).

Eine systematische Übersichtsarbeit von Doherty et al. (2003), bei der die Knieextensoren von jungen mit jenen von älteren Personen verglichen wurde, konnte eine durchschnittliche Reduktion der Muskelkraft zwischen 20-40% in der siebten und achten Dekade aufweisen. Ab dem neunzigsten Lebensjahr wird sogar von einer Reduktion um bis zu 50% berichtet (Doherty et al. 2003). Vergleichbar hierzu nimmt nach Frontera et al. (2000) die isokinetische Krafftähigkeit der Bein- und Armstreckmuskulatur bei schneller und langsamer Winkelgeschwindigkeit in einem Zeitraum von 12 Jahren um etwa 20-30% ab ($p < 0,05$). Diese Kraftreduktion ist laut der Autoren u.a. aufgrund des quantitativen Verlusts der Muskelquerschnittfläche (CSA) im Alter zurückzuführen (Frontera et al. 2000). Etwas geringer ist der Kraftverlust in einer zehn jährigen Follow-up-Studie ($n=120$) von Hughes et al. (2001) mit 12-17% pro Dekade, wobei die prozentuale Reduktion für Knieextensoren und -Flexoren sowohl bei Frauen als auch Männern ident ist. Trotzdem zeigen die Frauen derselben Studie mit 2% pro Dekade einen erheblich geringeren Kraftverlust der Armstrecker und -Beuger auf als die Männer mit 12% pro Dekade. Darüber hinaus ist bei den Frauen die Kraftabnahme der Armflexion im Vergleich zur Beinextension geringer, wohingegen der Kraftverlust bei den Männern in beiden Muskelgruppen gleich ist. Das unterstreicht die differenzierten Geschlechtseinflüsse auf die altersbedingten Veränderungen der Muskelkraft von oberer und unterer Extremität (Hughes et al. 2001), bedingt durch den unterschiedlichen Muskelmasseanteil von Mann und Frau (Jansen et al. 2000). Frauen verlieren durch den im Vergleich geringeren Prozentsatz an Muskelmasse weniger Kraft bzw. haben sie auch das Potenzial leichter Kraftsteigerungen erzielen zu können (Janssen et al. 2000). Relative Kraftverluste sind bei beiden Geschlechtern ähnlich; der absolute Verlust ist durch die höhere Krafftähigkeit bei Männern jedoch größer (Doherty 2003). Des Weiteren könnten die geschlechtsspezifischen Unterschiede durch vermehrte

Alltagsaktivitäten älterer Frauen im Haushalt und somit erhöhten körperlichen Belastungen erklärt werden.

Unabhängig vom Geschlecht wurde in einigen Longitudinalstudien (Frontera et al. 2000) mittels isokinetischer Drehmomentmessungen sowohl bei schneller als auch bei langsamer Winkelgeschwindigkeit eine signifikante Abnahme der Beinkraft im Alter nachgewiesen. In einer 12-jährigen Follow-up-Studie erhob Frontera (2000) eine Muskelkraftreduktion von 24-30% der Beinstrecker und -Beuger (mit 60°/s und 240°/s Winkelgeschwindigkeit). Durchschnittlich beträgt der jährliche Verlust somit 2,0% für die Knieextension sowie 2,5% für die Knieflexion. Vergleichbar sind die Studienergebnisse von Aniansson et al. (1992), die zeigen, dass bei 80-jährigen Probanden die isokinetische Krafftähigkeit der unteren Extremität bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/s ca. 21% innerhalb von 7 Jahren bzw. 35% nach 11 Jahren Follow-up abnimmt, was eine jährliche Reduktion von etwa 3,0 - 3,2% ausmacht. Bei schnelleren Winkelgeschwindigkeiten zwischen 180 - 300°/s wurden keine Unterschiede erhoben. Jedoch konnte bei einer weiteren Untersuchung von Aniansson et al. (1983) mit einem etwas jüngeren Kollektiv (75 Jahre) ein Verlust von 27% bei der isokinetische Drehmomentmessung mit 180°/s innerhalb von 5 Jahren festgestellt werden (5,4%/Jahr). Dies ist ein etwas größerer Prozentsatz verglichen zur *Health ABC Study*, wonach die Krafftähigkeit des Quadrizeps, gemessen mittel isokinetische Dynamometrie, jährlich um etwa 3,6% bei Männern und 2,8% bei Frauen abnimmt (Goodpaster et al. 2006). Die variierenden Ergebnisse und unterschiedlichen Verlustraten genannter Studien spiegeln die Unterschiede zwischen den Studienpopulationen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus sowie zwischen getesteten Muskelgruppen und eingesetzten Erhebungsmethoden wieder (Frontera et al. 2000).

Prinzipiell ist die Muskulatur der oberen Extremität weniger vom Muskelkraftverlust betroffen als die der Unteren (Mayer et al. 2003; Fielding 2011). Ergebnisse von isokinetischen Kraftmessungen einer Longitudinalstudie von Frontera et al. (2000) sind vergleichbar mit jenen aus einer Querschnittuntersuchung von Lynch et al. (1999) - die isokinetische Kraft der Beine (Summe aus Peak-Torque von Knieextension und -flexion) verringert sich im Alter schneller als die der Arme (Summe aus PT von Armextension und -flexion). Folglich sollten sich zukünftige Sarkopenie-Studien näher mit den funktionellen Ansprüchen individueller Muskelgruppen bei verschiedenen Belastungen bzw. Aktivitäten befassen und diese weiters kritisch beurteilen.

Abschließend ist festzustellen, dass die Abnahme der Muskelmasse sowie -kraft in unterschiedlichem Maße auftritt und erhebliche Folgen für die betroffenen Personen haben kann. Die Auswirkungen sind vielfältig und können von Immobilität und Einschränkung im täglichen Leben, erhöhtem Sturzrisiko, verringerter Lebensqualität bis hin zu Invalidität und Institutionalisierung führen (Buess & Kressig 2013) und sind auch mit erheblichen Kosten im Gesundheitswesen verbunden, wodurch der hohe Stellenwert von Prävention wie auch Verzögerung diverser Alterungsprozesse verstärkt wird (Lima et al. 2012). Aus präventivmedizinischer Sicht sollte, unter Berücksichtigung der Lebensqualität und Unabhängigkeit älterer Menschen, diesen Aspekten zukünftig vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

1.2. SARKOPENIE – EIN ALTERSBEDINGTES SYNDROM

1.2.1 Definition

Der Begriff Sarkopenie stammt aus dem Griechischen *sarx* (Fleisch) und *penia* (Armut) und ist ein geriatrisches Syndrom, das den progredienten, altersbedingten Verlust von skelettaler Muskelmasse, -kraft sowie Muskelleistung beschreibt (Doherty 2003; Haehling 2010).

1989 wurde dieser Begriff erstmals von Irwin Rosenberg eingeführt (Rosenberg, I. 1989 zit. n. Cruz-Jentoft et al. 2010), wobei bis heute eine weltweit einheitliche und umfassende Definition für Forschung und Klinik fehlt (Cruz-Jentoft, A.J. et al. 2010). Neben zahlreichen Definitionsansätzen hat Baumgartner et al. (1998) das Vorliegen bzw. das Ausmaß der Sarkopenie (*skeletal muscle mass index*) mittels DEXA ermittelt, indem die appendikuläre Skelettmuskelmasse (ASM) durch den Quotient der Körpergröße (KG) geteilt wird [ASM/KG^2 (kg/m^2)]. Personen mit Messwerten, die mehr als 2 Standardabweichungen unterhalb der Durchschnittswerte einer gesunden, jungen Referenzpopulation gleichen Geschlechts liegen, gelten laut dieser Definition als sarkopenisch (Baumgartner et al. 1998; Burton et al. 2010).

Bei einem ähnlichen Definitionsansatz nach Janssen et al. (2002) wird die mittels BIA berechnete fettfreie Masse auf die Gesamtkörpermasse bezogen und weiters mit einer jungen Referenzpopulation verglichen. Als sarkopenisch gelten hierbei Personen, die einen Skelettmuskel-Index (Skelettmuskelmasse/Gesamtkörpermasse \times 100) von weniger als eine Standardabweichung unterhalb vergleichbarer Mittelwerte der Referenzpopulation

haben (Burton et al. 2010). Diese Definitionen beschränken die Sarkopenie auf den Verlust von Muskelmasse, ohne Berücksichtigung von Muskelkraft und Funktion.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Methoden zur Bestimmung der Sarkopenie, wie etwa die Bestimmung der Muskelmasse mittels Magnetresonanz, der Ermittlung der Muskelfunktion mit Hilfe von Handkraftmessungen oder Testbatterien zur Erhebung des physischen Leistungszustands (Morley et al. 2014). Seitdem klar ist, dass Sarkopenie nicht nur durch eine Abnahme der Muskelmasse bedingt ist, sondern der Verlust von Muskelkraft (Dynapenie) das zentrale Schlüsselement darstellt, werden in aktuellen Definitionen Aspekte der Kraftleistung (z.B. Messung der Handgriffkraft) und der funktionellen Leistungsfähigkeit (z.B. Gehgeschwindigkeit und -distanz) inkludiert (Morley et al. 2014). Umfassende Definitionen sollten jedoch bestehende körperliche Einschränkungen (Behinderungen, Handicap) sowie die individuelle körperliche Leistungsfähigkeit miteinbeziehen (Burton et al. 2010).

Die *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP, the Sarcopenia Working Group) hat Sarkopenie als geriatrisches Syndrom definiert. Diese wird von einem allgemeinen und progredienten Verlust an skelettaler Muskelmasse sowie -Kraft gekennzeichnet, welche mit erhöhtem Risiko für die Entstehung physischer Behinderungen, einer Verminderung der Lebensqualität und erhöhter Mortalität verbunden wird (Cruz-Jentoft et al. 2010; Goodpaster et al. 2006).

Im Allgemeinen beschreibt der Begriff Sarkopenie alle altersbedingten Veränderungen, die die Skelettmuskulatur betreffen und umfasst somit auch Veränderungen der peripheren bzw. zentralen Innervation des Nervensystems, hormonelle Veränderungen, entzündliche Prozesse sowie eine unzureichende Protein- und Kalorienaufnahme (Doherty 2003). Mit Augenmerk auf diese Aspekte gibt es mehrere mit einwirkende Faktoren: ein inaktiver Lebensstil, chronische Erkrankungen, die Einnahme bestimmter Arzneimittel, Entwicklungseinflüsse aus Kindheit und Jugend (Cruz-Jentoft et al. 2010), die im zunehmenden Alter eine immer wichtigere Rolle spielen. Somit sind die Ursachen der Sarkopenie als multifaktoriell aufzufassen.

Die Beziehung zwischen Abnahme der Muskelmasse und Abnahme der Muskelkraft ist nicht linear, daher sollten bei der Diagnose beide Faktoren, also Kraft und Muskelmasse, inkludiert werden (Cruz-Jentoft et al. 2010).

Die Arbeitsgruppe EWGSOP hat somit 3 Kriterien für die Sarkopenie-Diagnose ausgearbeitet: 1. geringe Muskelmasse, 2. geringe Muskelkraft und 3. geringe körperliche Leistungsfähigkeit. Das Erfüllen von Kriterium 1 mit gleichzeitiger Realisierung von

Kriterium 2 und/oder 3 kennzeichnet eine bestehende Sarkopenie (Cruz-Jentoft et al. 2010; Von Haehling 2010). Eine Diagnose basierend auf dem alleinigen Faktor Muskelmasse wäre daher nicht umfassend genug.

In zwei publizierten Konsensusarbeiten aus dem Jahr 2010 werden Argumente für die Kombination aus der Bestimmung der Muskelmasse und einem funktionellem Parameter begründet (Burton et al. 2010; Von Haehling et al. 2010). In Zusammenarbeit der ESPEN (*European Society on Clinical Nutrition and Metabolism*) und der SIG (*Special Interest Groups of "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and nutrition in geriatrics*) wurde somit ein Diagnoseansatz formuliert, der folgende zwei Aspekte miteinbezieht: 1. geringe Muskelmasse, d.h. ein prozentualer Muskelmasseanteil von mehr als 2 Standardabweichungen unterhalb der Referenzwerte von gesunden Erwachsenen des selben Geschlechts sowie des selben ethnischen Hintergrunds; 2. geringe Gang- bzw. Schrittgeschwindigkeit, d.h. ein Schrittempo von weniger als 0,8 m/s beim *4m-walking-test* (Burton et al. 2010; Von Haehling et al. 2010).

Eine isolierte Reduktion der Muskelmasse ohne Einfluss auf Muskelkraft bzw. physische Leistungsfähigkeit wird unter dem Begriff *Prä-Sarkopenie* zusammengefasst (Cruz-Jentoft et al. 2010).

In Abbildung 1 wird eine Übersicht über die verschiedenen Definitionsansätze gegeben. Es besteht nun der Bedarf die unterschiedlichen Definitionen, unter Berücksichtigung verschiedener Zielgruppen, mit Hilfe von weiteren Interventionsstudien eindeutig zu belegen.

Comparison of sarcopenia definitions

Definition	Function	Muscle mass
SIG: cachexia-anorexia in chronic wasting disease	Gait speed <0.8 m/s, OR other physical performance test	Low muscle mass (2SD)
EWGSOP	Gait speed <0.8 m/s; grip strength 40 kg males, 30 kg females	Low muscle mass (not defined)
IWGS Sarcopenia Task Force	Gait speed <1.0 m/s, grip strength	Low appendicular lean mass (<7.23 kg/m ² in men, 5.67 in women)
Sarcopenia with limited mobility (SCWD)	6 min walk <400 m, OR gait speed <1.0 m/s	Low appendicular lean mass/height ²
Asian Working Group for Sarcopenia	Gait speed <0.8 m/s; grip strength 26 kg males, 18 kg females	Low appendicular lean mass/height ²
Foundation for the National Institutes of Health	Gait speed <0.8 m/s; grip strength 26 kg males, 16 kg females	Appendicular lean mass/BMI

EWGSOP European Working Group of Sarcopenia in Older Persons, SCWD Sarcopenia, Cachexia and Wasting Disorders, LANA International Association of Nutrition and Aging

Abbildung 1: Überblick über verschiedenen Definitionen der Sarkopenie
(aus Morley et al. 2014)

Nach Scott et al. (2011) wird Sarkopenie als ein unzureichend verstandener Prozess beschrieben. Das geriatrische Syndrom spielt allgemein eine wichtige Rolle hinsichtlich Sturzhäufigkeit und Invalidität älterer Menschen, womit entsprechend dringender Forschungsbedarf besteht. Der altersbedingte Verlust der Muskelmasse wird nämlich mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert, zudem hängen Mortalitätsindikatoren mit der Höhe der individuellen Muskelkraft zusammen (Loenneke et al. 2011).

1.2.2 Ursachen der Sarkopenie

Es gibt eine Anzahl unterschiedlicher Mechanismen sowie Einflussfaktoren, die bei der Entstehung und Progression von Sarkopenie beteiligt sind. Wie in Abbildung 2 dargestellt, spielen mehrere Aspekte, wie etwa hormonelle Veränderungen, degenerative neurologische Prozesse sowie altersbedingte veränderte Funktionen (z.B. Sexualhormone, Apoptose, mitochondriale Dysfunktionen) eine Rolle. Weiters wird der Krankheitsverlauf von einer inadäquaten Ernährungsweise (Mangelernährung), einem passiven Lebensstil sowie von körperlichen Inaktivität unterstützt und muss von interagierenden Komorbiditäten (Malabsorption, Kachexie, etc.) diagnostisch und therapeutisch klar differenziert werden können (Hohenstein et al. 2011).

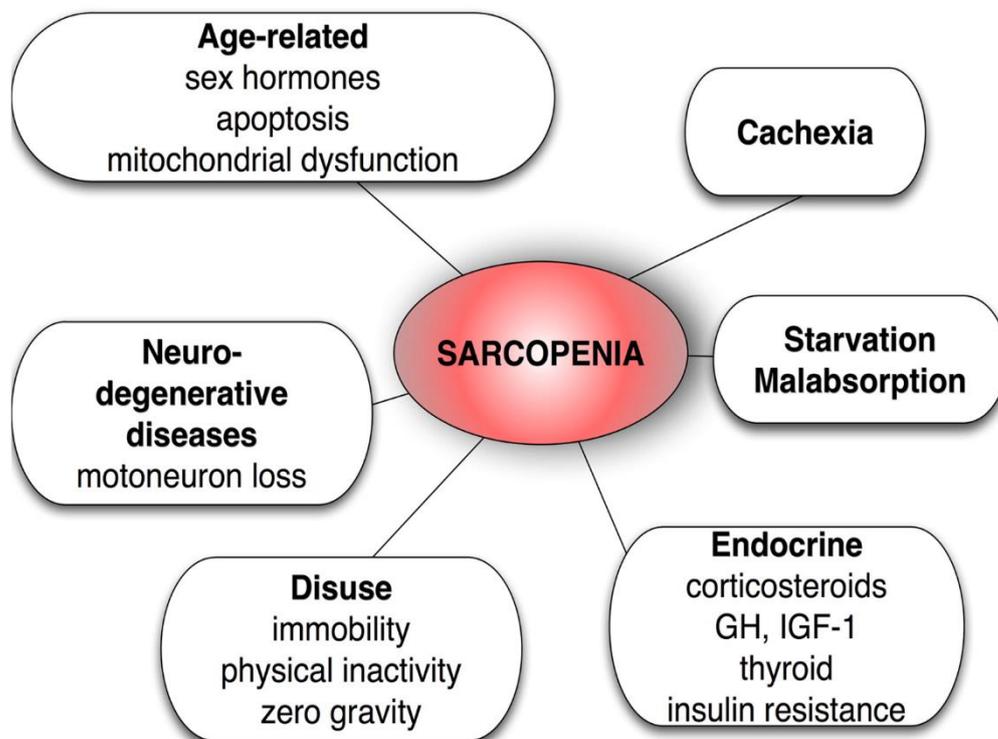


Abb. 2: Mechanismen der Sarkopenie

(aus Cruz-Jentoft et al. 2010)

Die Entstehung von Sarkopenie kann also als multifaktoriell angesehen werden. Nicht zuletzt tragen Entwicklungen in der frühen Kindheit, chronische Erkrankungen oder die Einnahme gewisser Arzneimitteln zum Ausmaß bei (Cruz-Jentoft et al. 2010).

„Sarkopenie ist ein multifaktorielles Geschehen, das durch genetisch programmierte, allerdings zum Teil reversible Alterungsprozesse ausgelöst und durch zusätzliche Faktoren wesentlich verstärkt werden kann“ (Hohenstein et al. 2011). Die Berücksichtigung aller möglichen Mechanismen und Ursachen sind wichtig für die zukünftige Entwicklung systematischer Interventions- sowie Präventionsmaßnahmen für betroffene, sarkopene Personen.

In Bezug auf die Körperzusammensetzung nimmt der Körperfettanteil im erhöhten Alter zu, während peripher gespeichertes Fett zu viszeralem Körperfett umverteilt wird (Volkert 2011). Der Anteil der Körperzellmasse am Körpergewicht nimmt ab, wobei die Abnahme der fettfreien Körpermasse im Wesentlichen durch eine Atrophie der Skelettmuskulatur erklärt wird (Volkert 2011). Neben den altersbedingten Verringerung der Muskelmasse verändern sich auch kontraktile und strukturelle Eigenschaften der Muskulatur, die Elastizität der Sehnen sowie die Muskelfaserzusammensetzung (von Haehling et al. 2010, 2012). Bei sarkopener Muskulatur ist makroskopisch eine Abnahme der Anzahl an Myofibrillen sowie deren Querschnittsfläche zu erkennen, wobei die schnellen Typ II-Muskelfasern stärker davon betroffen sind (Reid & Fielding 2012; Münzer 2010; von Haehling et al. 2012). Neben dieser selektiven Reduktion wird von einer Konversion von schnellen Typ II zu langsamen Typ I-Fasern ausgegangen (von Haehling et al. 2010, 2012). Der daraus folgende Verlust von Schnellkraft hat Auswirkungen auf die täglichen Bewegungsaktivitäten wie Treppensteigen oder Aufstehen aus einem Sessel sowie auf die allgemeine funktionelle Leistungsfähigkeit (Reid & Fielding 2012). Funktionell nimmt die Zahl der motorischen Einheiten und deren Frequenz/Feuerrate erheblich im Alter ab (Münzer 2010), das sich hauptsächlich auf die quergestreifte Muskulatur bezieht und u.a. durch Denervierung bedingt ist (von Haehling et al. 2010, 2012). Ob die glatte Muskulatur gleichermaßen von Sarkopenie betroffen ist, ist unklar, könnte aber Dysphagien und Malnutrition bei älteren Menschen erklären.

Die Abnahme der Maximalkraft führt zu Einschränkungen im sensomotorischen Informationsaustausch mit verminderter Qualität der inter- sowie intramuskulären Koordination (Mayer et al. 2011), was wiederum durch die Reduktion der Muskelfaseranzahl (Typ-1 < Typ-2-Fasern, v.a. der unteren Extremität), Veränderung neuronaler Prozesse (Reduktion spinaler Motoneurone bzw. Inhibitionen) sowie durch Einschränkungen der mechanischen Muskelfunktion (herabgesetzte maximale Frequenzierung oder reduzierte

Elastizität) bedingt ist (Aagaard et al. 2010). Darüber hinaus kommt es mit zunehmenden Alter zu einer Fettumverteilung und zur vermehrten Fetteinlagerung im Muskel, das verbunden mit reduzierter Muskelmasse und –Kraft mit Mobilitätsbeeinträchtigungen assoziiert wird (Visser et al. 2005).

In manchen Fällen ist die Diagnose einer einzelnen, ersichtlichen Ursache möglich; nicht immer kann aber ein eindeutiger Kausalfaktor identifiziert werden (Hohenstein et al. 2011). Nach Cruz-Jentoft (2010) ist es somit sinnvoll die Sarkopenie in Kategorien zu unterteilen (siehe Abb. 3). Sarkopenie kann als primär (*primary/age-related sarcopenia*) bezeichnet werden, wenn die Ursachen ausschließlich altersbedingt sind. Die sekundäre Sarkopenie beschreibt die Anwesenheit eines bzw. mehrerer alters-unabhängiger Faktoren, wie etwa bewegungsbedingte, krankheitsbedingte sowie ernährungsbedingte Aspekte, die Einfluss auf Ausmaß und Verlauf der Erkrankung haben. In Abbildung 3 sind diese Aspekte und beschriebenen Kategorien detailliert dargestellt.

Primary sarcopenia	
Age-related sarcopenia	No other cause evident except ageing
Secondary sarcopenia	
Activity-related sarcopenia	Can result from bed rest, sedentary lifestyle, deconditioning or zero-gravity conditions
Disease-related sarcopenia	Associated with advanced organ failure (heart, lung, liver, kidney, brain), inflammatory disease, malignancy or endocrine disease
Nutrition-related sarcopenia	Results from inadequate dietary intake of energy and/or protein, as with malabsorption, gastrointestinal disorders or use of medications that cause anorexia

Abb. 3: Kategorien und Ursachen der Sarkopenie

(aus Cruz-Jentoft et al. 2010)

In frühen Stadien kann Sarkopenie als partiell reversibler Prozess betrachtet werden. Körperliche Aktivität und Training sind wesentliche Aspekte hinsichtlich der Sarkopenie Prophylaxe, genauso aber wichtige therapeutische Maßnahmen bei bereits bestehender Erkrankung (Von Haehling 2010). Bewegung, d.h. Muskelkontraktionen, verursacht die Freisetzung von Muskelwachstumsfaktoren (Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor IGF-Ea [*insulin like growth factor*] und MGF [*mechano growth factor*]), die Einfluss auf die

Freischaltung von Satellitenzellen sowie auf die Muskelproteinsynthese haben und somit die Muskelregeneration steigern (Morley 2012). All diese Prozesse verlangsamen mit zunehmenden Alter.

Wie bereits erwähnt gibt es zahlreiche Einflussfaktoren bzw. Ursachen der Sarkopenie und ihrer Entstehung. Den größten Einfluss hat jedoch körperliche Inaktivität und ein passiver Lebensstil (Morley 2012). Je inaktiver und passiver der Lebensstil, desto frühzeitiger entstehen altersassoziierte Veränderungsprozesse (Koopman & van Loon 2009), die eine Reduktion der motorischen Kompetenz sowie eine verminderte visuelle und vestibuläre Leistungsfähigkeit mit einschließen (Mayer et al. 2011).

In der Literatur gewinnen, neben Untersuchungen vielseitiger physiologischer Alterungsprozesse, vor allem die modifizierbaren Faktoren Ernährung und körperliche Aktivität im Alter zunehmend an Bedeutung (Cruz-Jentoft et al., 2010). Diesbezüglich wurden insbesondere in den letzten Jahren zahlreiche Publikationen veröffentlicht sowie Interventionsstudien mit der Altersgruppe 60+ durchgeführt, mit dem Ziel die Auswirkungen von körperlichen Training und der (anabolen) Wirkung verschiedener Supplemente zu analysieren. Die genauen Interventionsstrategien werden in Kapitel 1.4 näher ausgeführt.

1.2.3 Epidemiologie

Es gibt zahlreiche epidemiologische Studien mit dem Ziel die Prävalenz von Sarkopenie zu ermitteln, allerdings nicht alle mit den selben Definitionskriterien und Diagnostik-Methoden (Von Haehling 2010). Nach Morley (2012) leiden etwa 5-13% der 60-70-Jährigen und sogar 11-50% der 80-jährigen Personen an Sarkopenie. Allein in den USA geht man von ca. 3,6 Mio. sarkopenen Personen aus (Morley 2012). Weltweit sind zurzeit über 50 Mio. Menschen betroffen und durch den rasanten Bevölkerungsanstieg des Anteils älterer Menschen werden in vierzig Jahren bereits über 200 Mio. Betroffene eingeschätzt (Cruz-Jentoft et al. 2010).

1.2.4 Prävalenz von Sarkopenie

Je nach Begriffsbestimmung und Kriterien geht man in Österreich von einer Sarkopenie-Prävalenz bei 60-70-Jährigen zwischen 5-13% aus (Hohenstein et al. 2011). Die Prävalenz schwankt bei Personen zwischen 70 und 80 Jahren von 13-35% und steigt im

zunehmenden Alter abrupt an (siehe Tabelle 1). Bei den über 80-Jährigen sind bereits 40-50% betroffen und es sind vermehrt Männer desselben Alters, die die Definitionskriterien der Sarkopenie erfüllen (Lechleitner 2011).

Tab. 1: Sarkopenie Prävalenz

Alter	Frauen	Männer
< 70	23.1%	13.5%
70-74	33.3%	19.8%
75-80	35.9%	26.7%
> 80	43.2%	52.6%

(Lechleitner 2011)

Vergleichbar sind Studienergebnisse von Baumgartner et al. (2001) aus New Mexiko, der eine Prävalenzrate von 12% für 60-70 jährige Männer und Frauen und fast 30% für über 80-Jährige angibt. Etwas geringer sind die Werte einer französischen Studie, wo etwa 9% der unter sowie 11% der über 80-jährigen Frauen als sarkopen eingestuft wurden (Gillette-Guyonnet et al. 2003). Durch unterschiedliche Erhebungsmethoden ist es schwierig genaue Prävalenzraten anzugeben, daher wird im Folgenden eine Übersicht über großangelegte Studien gegeben:

Large-scale studies into the prevalence of sarcopenia

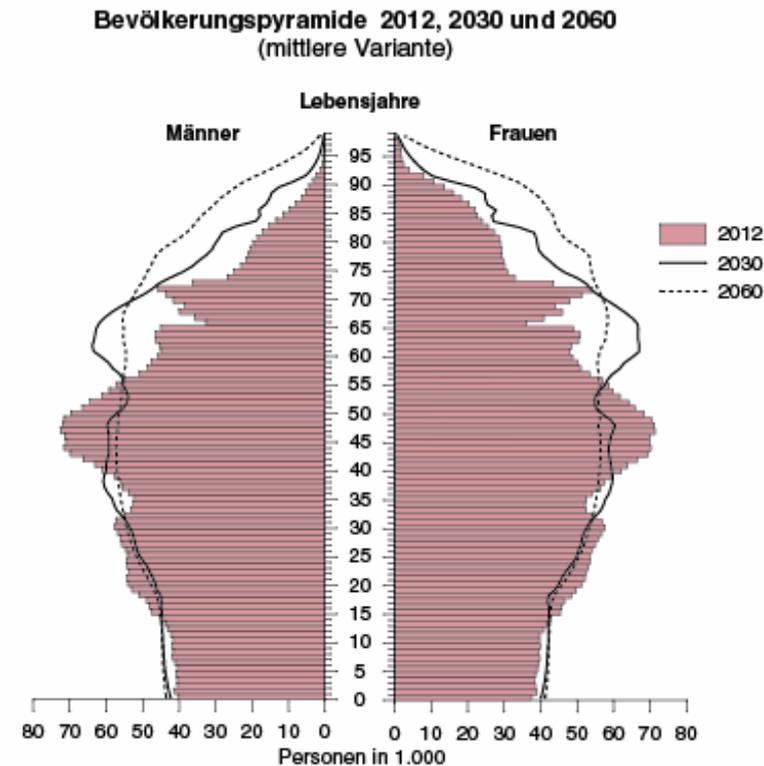
Cohort (country)	n (%) female	Age	Sarcopenia definition (assessment method)	Sarcopenia prevalence
CHS (USA)	5036 (56.4%)	>65 years	Categories of skeletal mass index, defined as muscle mass normalized for height (BIA)	Moderate sarcopenia, m: 70.7%, f: 41.9%; severe sarcopenia, m: 17.1%, f: 10.7%
EPIDOS (France)	1458 (100%)	All >70 years; mean 80.3 ± 3.8 years	Appendicular skeletal muscle mass <2 SD below the mean of a young female reference group (DEXA)	9.5%
InCHIANTI (Italy)	1030 (54.5)	Range 20–102	Calf muscle cross sectional area more than 2 SD below population mean (CT scan)	m: 20% at 65 years, 70% at 85 years f: 5% at 65 years, 15% at 85 years
NHANES III (USA)	14818	>18 years; 30% >60 years	Skeletal mass index was defined as muscle mass/body mass x 100; sarcopenia class I defined as skeletal muscle mass 1–2 SD, sarcopenia class II defined as skeletal muscle mass >2 SD from the mean of young subjects (BIA)	In subjects aged >60 years: sarcopenia class I, m: 45%, f: 59%; sarcopenia class II: m: 7%, f: 10%
NMEHS (USA)	808 (47.3%)	m: 73.6 ± 5.8 years; f: 73.7 ± 6.1 years	Appendicular skeletal muscle mass <2 SD below the mean of a young reference population (substudy of DEXA)	<70 years, m: 13.5–16.9%, f: 23.1–24.1%; 70–74 years, m: 18.3–19.8%, f: 33.3–35.1%; 75–80 years, m: 26.7–36.4%, f: 35.3–35.9%; >80 years, m: 52.6–57.6%, f: 43.2–60.0%

BIA bioelectrical impedance assessment, CHS Cardiovascular Health Study, CT computed tomography, DEXA dual-energy X-ray absorptiometry, EPIDOS European Patient Information & Documentation Systems, NHANES National Health and Nutrition Examination Survey, NMEHS New Mexico Elder Health Study, SD standard deviation

(Von Haehling et al. 2010)

Abb. 4: Übersicht der Sarkopenie-Prävalenz aus unterschiedlichen Studien

„Sarkopenie wird als altersassoziierte Krankheit aufgrund der demografischen Entwicklung weiter zunehmen“ (Hohenstein et al. 2011). Aktuelle Daten offizieller Bevölkerungsstatistiken der *Statistik Austria* zeigen, dass der Anteil älterer Menschen in der österreichischen Bevölkerung zunimmt. Die Bedeutung und Relevanz einer adäquaten Sarkopenie-Prävention wie auch Therapie für die Verbesserung bzw. Aufrechterhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit wird deutlich, wenn man Prognosen der Bevölkerungsstruktur in Österreich für die kommenden 15 bis 45 Jahre genauer betrachtet.



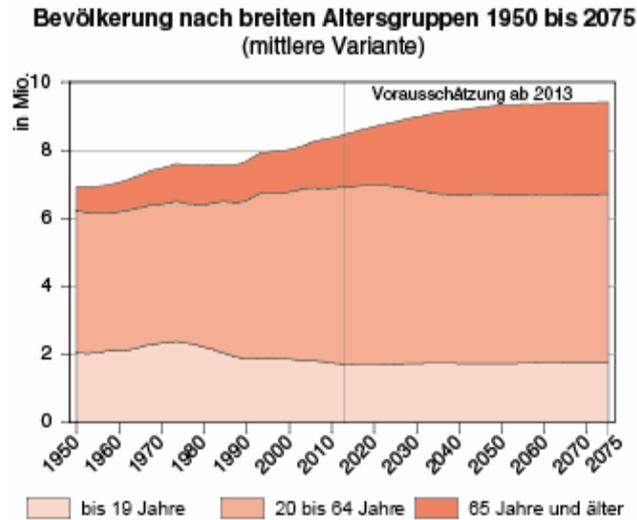
Q: STATISTIK AUSTRIA, Bevölkerungsprognose 2013. Erstellt am 09.10.2013.

[Bevölkerungsprognose 2013. STATISTIK AUSTRIA; Bundesanstalt Statistik Österreich. Zugriff am 12.11.2014 unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html]

Abb. 5: Bevölkerungsprognose Österreich

Durch den rasanten demographischen Wandel wird zukünftig die Anzahl der über 60-Jährigen enorm ansteigen – somit wird auch die Prävalenz von Sarkopenie drastisch zunehmen und im Langzeitbereich bei etwa 90% liegen (Münzer 2010). Wie in den aktuellen Diagrammen der *Statistik Austria* zu erkennen ist, wird der Anteil der über 65-Jährigen von derzeit 18% der Bevölkerung (1,51 Mio.) auf 24% (2,16 Mio.) im Jahr 2030 zuwachsen, bis 2060 mit 79% ansteigen, d.h. letztendlich werden die über 65-Jährigen 29% der österreichischen Bevölkerung ausmachen (insgesamt 2,70 Mio.).

(vgl. STATISTIK AUSTRIA, Bundesanstalt Statistik Österreich. Zugriff am 12.11.2014 unter http://www.statistik.at/web_de/presse/067546)



[Bevölkerungsprognose 2013. STATISTIK AUSTRIA; Bundesanstalt Statistik Österreich. Zugriff am 12.11.2014 unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html]

Abb. 6: Bevölkerungsprognose Österreich im Schichtendiagramm

Den größten Anstieg wird man langfristig bei den (hoch-) betagten Personen (80+ Jahre) auffinden. Schon im Jahr 2015 werden mit rund 432,000 um 4% mehr über 80-Jährige in Österreich leben als 2011 mit 414,000. Bis 2020 sind es etwa 491,000 (+19%) und 2030 steigt die Zahl auf rund 640,000, d.h. um 54% höher als im Jahr 2011 (Statistik Austria). Wie in Abbildung 6 zu erkennen ist, werden die sogenannten „jungen Alten“ zwischen 65 und 79 Jahren ebenfalls einen großen Zuwachs erfahren. In dieser Gruppe wird es 2015 mit 1,17 Mio. um 9% mehr junge Alte geben als 2011 (1,07 Mio.) und 2020 bereit um 14% (1,23 Mio.) mehr. Die Zahl wird sich bis zum Jahr 2030 auf 1,52 Mio. (+42% gegenüber 2011) erhöhen (vgl. STATISTIK AUSTRIA, Bundesanstalt Statistik Österreich. Zugriff am 12.11.2014 unter http://www.statistik.at/web_de/presse/067546). Angesichts dieser Veränderung der Altersstruktur ist von einer Zunahme altersabhängiger gesundheitlicher sowie sozialpsychologische Einflüsse auf die Lebensqualität älterer Menschen auszugehen. Selbstständigkeit, Selbstversorgung im Alltag und Freizeit sowie der Erhalt von Arbeits- und Erwerbsfähigkeit sind demnach wichtige zu berücksichtigende Faktoren, die maßgeblich von einer hohen individuellen Kraftleistungskapazität abhängen (Mayer et al. 2011). Somit ist die Verbesserung bzw. Aufrechterhaltung der Lebensqualität unter besonderer Berücksichtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit in höherem Alter aus präventivmedizinischer Sicht eine zentrale Aufgabe.

1.3. INTERVENTION & THERAPIE

Durch die Therapie der Sarkopenie sollen sowohl die Muskelmasse, -kraft und die -leistung verbessert werden, wobei v.a. letztere für eine verbesserte motorische Alltagskompetenz und Funktionen im täglichen Leben eine zentrale Rolle spielt.

1.3.1 Bewegungsintervention & Krafttraining

Eine hocheffiziente Intervention, um Sarkopenie bzw. altersbedingten Veränderungen entgegenwirken zu können, ist regelmäßige körperliche Aktivität (Burton et al. 2010; Lima et al. 2012; Deutz et al. 2014). Bewegung und Sport sind essentiell für die Minimierung negativer Alterungsprozesse, v.a. wird Krafttraining nach Mayer et al. (2011) *„für den Erhalt der Mobilität und damit auch der Fähigkeit, sich im Alltag selbst zu versorgen mit steigendem Alter zunehmend bedeutsam.“* Durch progressives Krafttraining kann eine Vergrößerung der Muskelmasse und Muskelkraft erzielt werden (Evans 2004). Weiters wird das Krafttraining als vielversprechende und effektive Intervention für die Verzögerung bzw. Verhinderung des altersbedingten Verlusts von Muskelfunktionen beschrieben und wirkt sich positiv auf die funktionelle Leistungs- sowie Funktionsfähigkeit (Liu & Latham 2009) wie auch auf den allgemeinen Gesundheitszustand von Älteren aus (Hurley & Roth 2000). Für ein gesundes Altern wird sowohl tägliche körperliche Bewegung und Aktivität als auch ein regelmäßiges Krafttraining empfohlen – dies gilt für alle älteren Menschen, möglichst ein Leben lang (Deutz et al. 2014).

Sowohl klinische als auch epidemiologische Studien konnten einen Einfluss von körperlicher Aktivität auf Morbiditäts- bzw. Mortalitätsindikatoren älterer Personen darlegen und betonen somit die Sinnhaftigkeit sowie Notwendigkeit regelmäßiger sportlicher Betätigung zum Erhalt motorischer Kompetenz und Muskelmasse bzw. zur Reduktion der Sarkopenie (Mayer et al. 2011).

In einer randomisierten, kontrollierten Studie von Strasser et al. (2009) wird der positive Effekt eines 6-wöchigen, systematischen Krafttrainings (3x/Woche) auf die Maximalkraftfähigkeit älterer Menschen belegt. Die (Maximal-) Kraftwerte stiegen signifikant bei der Beinpresse, beim Bankdrücken und beim Bankziehen an und die fettfrei Magermasse bei den Proband/innen erhöhte sich um etwa 1.0 ± 0.5 kg. Die Autoren empfehlen daher (hoch-) betagten/älteren Menschen ein regelmäßiges Maximalkrafttraining mit einer Intensität von 60-80% des EWM, 8-15 Wiederholungen pro Übung und einem Umfang von 3-6 Sätzen pro Muskelgruppe und Woche (Strasser et al. 2009). Diese Ergebnisse werden von einer ähnlichen Studie von Rabelo et al. (2011)

bestätigt, bei der ein 24-wöchiges, progressives Krafttraining zu einer Kraftsteigerung der Beinextensoren um 16% sowie zu einer Erhöhung der fettfreien Masse von 70-jährigen Frauen führt.

Sogar bei Hochbetagten (85-97 Jahre) konnte eine Steigerung der isokinetischen Kraft der Knieextensoren um 41-47% nach einem 12-wöchigen, intensiven Krafttraining beobachtet werden. (Kryger & Andersen 2007). Dies ging mit einer Zunahme des Quadrizeps-Querschnitts um ca. 10% und einer Hypertrophie der Typ II-Muskelfasern um ca. 22% einher.

In einem systematischen Review-Artikel von Peterson et al. (2011) wurde die Zunahme von fettfreier Masse bzw. Magermasse (*lean body mass*) durch regelmäßiges Krafttraining (50-80% des EWM, 2-3x/Woche) bei älteren Frauen und Männern bestätigt. Diesbezüglich haben vor allem hohe Trainingsumfänge und Intensitäten, genauso wie eine regelmäßige Sportpartizipation in früheren Lebensjahren, eine positive Wirksamkeit (Peterson et al. 2011).

Des Weiteren führte ein 24-wöchiges, gerätebasiertes Krafttraining (in Kombination mit multimodalen Trainingsinhalten) zu wesentlichen Steigerungen der Muskelkraft gesunder, älterer Probanden (Carvalho et al. 2009). Bei der Krafttrainingsgruppe kam es zu einer signifikanten Steigerung der maximalen Beinkraft; konkret verbesserten sich die Beinextensoren um 22,3% bei 180°/s und um bis zu 17,3% bei 60°/s Winkelgeschwindigkeit und die Beiflexoren um 29,6% bei 180°/s sowie um bis zu 24,2% bei 60°/s. Die Gruppe, die kein Krafttraining durchgeführt hat (ausschließlich multimodales Training), wies keine signifikanten Verbesserungen auf (Carvalho et al. 2009). Trotzdem ist eine Ergänzung des Krafttrainings um sensomotorische Inhalte innerhalb eines multimodalen Trainingsprogramms zur Optimierung der Gleichgewichtsfähigkeit und posturalen Kontrolle bei Menschen im höheren Alter zweckmäßig (Mayer et al. 2011). Vorliegende Ergebnisse einer deutschen Studie (Granacher et al. 2007) verdeutlichen den positiven Einfluss des sensomotorischen Trainings auf die Verbesserung der Maximal- und Explosivkraft, wie auch auf das Entgegenwirken altersbedingter Kraftverluste. Diese Aspekte besitzen, von einem funktionellen Standpunkt aus gesehen und unter Einschluss des erhöhten Sturzrisikos Älterer, eine hohe Relevanz (Granacher et al. 2007).

In der einschlägigen Literatur gibt es wenige Daten bezüglich des Trainings mit dem Thera-Band (n=12). Prinzipiell gilt es als ein geeignetes Trainingsmittel für die Verbesserung der Muskelkraft gerade für ältere, u.a. auch sarkopene Personen (Martins et al. 2013).

Verglichen zum häufig in der Literatur empfohlenen Krafttraining an Maschinen (z.B. Beinpresse, Brustpresse) bzw. mit freien Gewichten (z.B. Hanteln) weist das Krafttraining mit dem Thera-Band einige vorteilhafte Aspekte auf. Eingeschränkte Verwendung und erschwerte Zugänglichkeit gerade für ältere Menschen sind häufige Gründe für einen frühzeitigen Abbruch eines Trainingsprogramms an Maschinen; Drop-out Raten liegen nach Dishman et al. (2004) bei ca. 50% bereits im ersten Trainingsjahr (zitiert nach Martins et al. 2013). Der Zugang zu Trainingsmaschinen mit Gewichten erfordert sowohl finanzielle als auch organisatorische Ressourcen und es gibt kaum Möglichkeiten für Trainingseinheiten im Gruppensetting bzw. für den Gebrauch zu Hause (Colado & Triplett 2008). Im Gegensatz dazu ist das Thera-Band ein praktisches, leicht transportables sowie ein fast überall einsetzbares Trainingsgerät, darüber hinaus ist es kostengünstig und leicht in der Handhabung. Diese Aspekte sind v.a. für institutionalisierte, ältere Frauen und Männer bedeutend, die häufig durch ihr Lebensumfeld in Mobilität, physischer Leistungsfähigkeit und Transportmöglichkeit erheblich eingeschränkt sind (Csapo et al. 2009). Aufgrund des erleichterten und finanziellen Zugangs werden vermehrt kleine, handliche Trainingsgeräte, v.a. elastische Trainingsbänder für die Verbesserung des körperlichen Leistungszustands von unterschiedlichsten Zielgruppen eingesetzt (Colado & Triplett 2008). Mit elastischen Thera-Bändern kann, verglichen zu Maschinen mit Gewichten, ein größerer ROM (*Range of Motion*) bei sowohl konzentrischer als auch exzentrischer Muskelarbeit erreicht werden (Patterson et al. 2001). Durch verschiedene Zugstärken der Bänder (farblich markiert von gelb=leicht bis schwarz/silber/gold=schwer) kann man verschiedene Intensitätsbereiche grob einschätzen (Patterson et al. 2001).

In der vorliegenden Studie wurde neben dem Wechsel auf das nächst stärkere Thera-Band auch der Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Übungsausführung erhöht, um eine progressive Intensitätssteigerung zu erzielen. Nach einer vierwöchigen Gewöhnungsphase wurde auf einen zweiten Satz mit je 15 WH gesteigert und gegebenenfalls die schwierige Übungsvariante durchgeführt. In dieser Phase konnten fast alle Probandinnen auf ein stärkeres Thera-Band umsteigen (von gelb auf rot).

Verschiedenen Forschungsarbeiten zufolge, entspricht der Kraftgewinn durch die Trainingsintervention mit elastischen Bändern in etwa dem Kraftzuwachs durch ein konventionellen Trainings an Maschinen bzw. Gewichten z.B. in Fitnessstudios, welches jedoch ein kostspieliges Equipment erfordert und mit höheren finanziellen Ausgaben verbunden ist (Lubans et al. 2013; Latham et al. 2004).

Im Allgemeinen kann nach einem mindestens 6 Wochen andauerndem, intensiven Krafttraining mit 2-3 wöchentlichen Trainingseinheiten eine signifikante Verbesserung mit

bis zu 50% Kraftsteigerung erwartet werden (Bautmans et al. 2009). Intensives Krafttraining ist daher ein hoch effizientes Mittel um Sarkopenie entgegenzuwirken und zu therapieren - sogar bei hochbetagten, geriatrischen Patienten (Bautmans et al. 2009). Mittlerweile wird das Krafttraining als primäre therapeutische Strategie für die Prävention und Rehabilitation von Sarkopenie angesehen (Morley et al. 2014) und sollte 2-3 Mal/Woche mit hoher Belastungsintensität durchgeführt werden (Liu & Latham 2009). Insbesondere intensives Schnell- und Maximalkrafttraining haben diesbezüglich eine hohe Effizienz (Buess & Kressig 2013). Zusätzlich empfehlen die Autoren der LIFE-Studie von Pahor et al. (2014) ein moderates Ausdauertraining, das die therapeutische Wirkung unterstützen soll. Durch die Kombination von Kraft- und Ausdauertraining kann eine Abnahme der funktionellen Leistungsfähigkeit vorgebeugt werden, insbesondere inaktive Personen profitieren von einer multimodalen Trainingsintervention (Gudlaugsson et al. 2012).

Trainingsprogramme sind im Allgemeinen praktische und effiziente Interventionsmaßnahmen für die ältere Bevölkerung. Regelmäßiges Trainieren und der Erhalt der Kraft- und Leistungsfähigkeit sind für die Bewahrung der Selbstständigkeit und die somit reduzierte stationäre Pflegebedürftigkeit Älterer wesentliche Faktoren (Gudlaugsson et al. 2012). Aus diesem Grund sollten nicht nur gesunde, ältere sondern auch bereits erkrankte Personen ermutigt werden, ein strukturiertes, moderates bis intensives (Kraft-) Trainingsprogramm durchzuführen und auch deren Teilnahme längst möglich aufrechtzuerhalten.

1.3.2. Ernährungsintervention & Proteinsupplementierung

Der Ernährung wird mit Hinsicht auf die Prävention und Therapie von Sarkopenie eine besondere Rolle zugesprochen, da eine inadäquate Nährstoffaufnahme bzw. Mangelernährung und ein Gewichtsverlust (v.a. von fettfreier Masse) zentrale Faktoren beim geriatrischen Syndrom Sarkopenie darstellen. Nahrungsaufnahme, Ernährungsstatus sowie jeweilige Ernährungsgewohnheiten können sich mit zunehmenden Alter verändern; somit gibt es bereits allgemeine Empfehlungen für eine erhöhte Zufuhr von Kalzium, Vitamin D und Vitamin E für Ältere (Evans 2004).

Genauere Empfehlungen des Proteinbedarfs im Alter sind aufgrund methodischer Schwierigkeiten nach wie vor nicht ganz klar (Volkert 2011a). Die ÖGE (Österreichische Gesellschaft für Ernährung) empfiehlt für ältere genauso wie für jüngere Erwachsene eine

tägliche Proteinzufuhr von 0,8g/kg Körpergewicht (vgl. ÖGE; <http://www.oege.at/index.php/wissenschaft-forschung/referenzwerte/2-uncategorised/1120-nahrungsinhaltstoffe-eiweiss>; Zugriff am 12.11.2014). Jedoch wird über einen höheren Bedarf v.a. im steigendem Alter diskutiert und tägliche Zufuhrmengen von 0,9-1,1g/kg KG für gesunde Ältere als günstig angesehen (Volkert 2011a). Auch in einer systematischen Übersichtsarbeit von Evans (2004) wird erläutert, dass die täglich empfohlene Proteinzufuhr von 0,8g/kg KG unzureichend für den Proteinbedarf der meisten älteren Personen ist. Die optimale Menge zur Begrenzung der Sarkopenie und um den Abbau fettfreier Körpermasse im Alter zu minimieren liegt nach Wolfe et al. (2008) bei 1,5g/kg KG pro Tag bzw. 15-20% der täglichen Gesamtkalorienzufuhr. Neueste, in der aktuellen Literatur zu findende Empfehlungen der *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism* (ESPEN) besagen, dass gesunde ältere Menschen mindesten 1,0-1,2g/kg KG Protein pro Tag zuführen sollten; ältere und aufgrund einer akuten oder chronischen Erkrankung unterernährte Personen mindestens 1,2-1,5g/kg KG/Tag und noch höheren Proteinmengen bei schweren Krankheiten (Deutz et al. 2014). Ein negativer Einfluss der erhöhten Proteinmenge auf Knochen und Nieren wird als unbedeutend eingeschätzt (Gaffney-Stomberg et al. 2009).

Eine inadäquate Proteinzufuhr kann auf längere Sicht ernsthafte Konsequenzen für Ältere mit sich bringen und geht mit einer katabolen Stoffwechsellage (Volkert 2011b), einer Verringerung der gesamten Protein-Turnoverrate sowie mit einem beschleunigten Verlust an Muskelmasse einher (Evans 2004; Deutz et al. 2014). Das heißt, dass die fettfrei Körpermasse, v.a. die appendikuläre Muskelmasse (Houston et al. 2008) und die Muskelkraft im zunehmenden Alter umso weniger abnehmen, je höher die tägliche Proteinzufuhr ist (Castaneda et al. 1995). Tatsächlich konnte durch epidemiologische Studien festgestellt werden, dass ältere Personen, die die täglich empfohlene Menge an Proteinen konsumieren, ein höheres Risiko für Gebrechlichkeit (Bartali et al. 2006) und gesundheitliche Probleme haben als jene, die eine höhere Proteinzufuhr einhalten (Evans 2004). Um den Verlust an Muskelmasse und -funktion zu minimieren werden neben der Menge auch der Qualität des Proteins und möglicherweise der Zeitpunkt der Aufnahme eine zentrale Rolle zugesprochen (Volkert 2011b).

Es gibt Studien über den Ernährungsstatus, die belegen, dass ein großer Anteil von älteren Personen (bis zu 30%) unterhalb bzw. knapp an der Grenze der täglich empfohlenen Proteinmenge von 0,8g/kg KG liegen (Evans 2004), im Besonderen sind häufig institutionalisierte Senioren unterernährt. Die Häufigkeit einer Unterernährung in dieser Zielgruppe liegt bei ca. 35% (Tieland et al. 2012a) und bei bis zu 60% besteht das Risiko einer Mangelernährung (Bonaccorsi et al. 2013), während bei selbstständigen, zu Hause lebenden Senioren nur etwa 7-19% betroffen sind (Torres et al. 2014). Bei geriatrischen Patienten liegt die Zahl sogar zwischen 16-61% (Volkert 2011a). Aus diesem Grund werden

v.a. institutionalisierte oder auch gebrechliche Ältere zu einer wichtigen Zielgruppe für Ernährungsinterventionen bzw. Proteinsupplementierung (Tieland et al. 2012a).

1.3.3. Kombinierte Trainings- und Ernährungsintervention

Die für die Entstehung der Sarkopenie verantwortlichen Faktoren beeinflussen sich gegenseitig, daher sind v.a. multifaktorielle Interventionen sinnvoll (Münzer 2010). Eine Kombination aus regelmäßiger körperlichen Aktivität und gesunder Ernährung, v.a. eine adäquate Protein- und Energieaufnahme, wird für den Erhalt von Muskelfunktionen, -masse und -kraft sowie für die Verlangsamung der Progression von Sarkopenie (Campbell & Leidy 2007) als optimale Interventionsmaßnahme beschrieben (Deutz et al. 2014). Verschiedene Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass eine erhöhte Proteinzufuhr (bis zu 1,6g/kg KG/Tag) die trainingsinduzierte Hypertrophie vergrößern kann (Evans 2004). Bei hochbetagten Männern und Frauen konnte ein Proteinsupplement zu größeren Zunahmen der Kraft und Muskelmasse führen als ein Placebo (Evans 2004). Vor allem Supplemente mit essentiellen Aminosäuren haben das Potential die Muskelkraft und die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit, insbesondere bei inaktiven und gebrechlichen/erkrankten Älteren, zu verbessern (Volkert 2011b). Allerdings besteht diesbezüglich noch weiterer Forschungsbedarf.

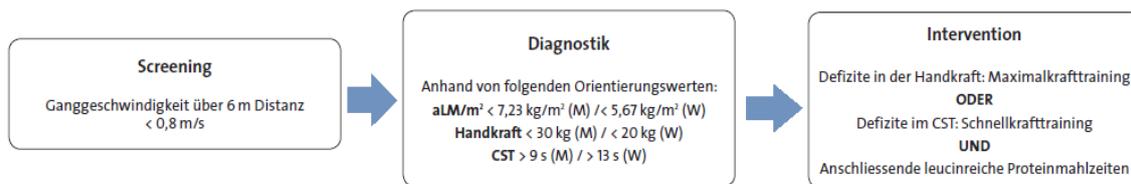
Demgegenüber kam es in mehreren Supplementierungsstudien bei älteren Proband/innen, die bereits eine adäquate Proteinmenge zu sich nehmen (über der täglich empfohlenen Menge von 0,8g/kg KG), zu keiner weiteren Steigerung der durch das Krafttraining verbesserten Muskelmasse und -kraft (Volkert 2011b; Leenders et al. 2013). Das bedeutet, dass man bei Älteren mit guten Ernährungszustand und abgedeckten Proteinbedarf, neben den trainingsinduzierten Verbesserungen, mit keiner Verstärkung des Trainingseffektes durch eine zusätzliche Proteinsupplementation rechnen sollte. Dies wird in einem Review von Campbell & Leidy (2007) bestätigt; dabei spielt es keine Rolle ob die erhöhte Proteinzufuhr durch eine eiweißreiche Ernährung oder durch ein Proteinsupplement abgedeckt wird (Campbell & Leidy 2007). In einer 12-wöchigen Trainingsstudie mit Männern im zunehmenden Alter konnte ein Proteinsupplement, das jeweils vor und nach den Krafttrainingseinheiten (3x/Woche) eingenommen wurde, auch keine Verstärkung der Trainingseffekte bewirken (Verdijk et al. 2009).

Allerdings bewirkt eine Proteinsupplementierung kombiniert mit einem Krafttraining bei schwachen, gebrechlichen Älteren eine Steigerung der Muskelmasse bzw. der fettfreien Körpermasse (Tieland et al. 2012b). Es ist zu vermuten, dass bei Gebrechlichkeit die

gesteigerte Muskelmasse bei fortlaufenden Training zu einem weiteren Anstieg von Muskelkraft und -leistung und somit zu einer erhöhten Trainingseffizienz führen könnte.

In Zusammenfassung kann laut Buess & Kressig (2013) „eine Kombination eines intensiven Schnell- oder Maximalkrafttrainings mit leucinreichen Proteingaben [kann] die Sarkopenie effizient bekämpfen“.

Das Vorgehen bei Verdacht auf Sarkopenie wird in der folgenden Abbildung dargestellt:



Vorgehen bei Verdacht auf Sarkopenie.
(aLM=Muskelmasse der Extremitäten,
M=Männer, W=Frauen, CST=Chair Stand Test)

(Buess & Kressig 2013)

Abb.7: Vorgehen bei Verdacht auf Sarkopenie

Falls beim Screening (Messung der Ganggeschwindigkeit) weniger als 0,8 m/s erreicht wird, sind weitere Abklärungen angebracht. Diese geschieht einerseits mit Hilfe einer Muskelmassebestimmung, z.B. durch die DEXA-Methode, andererseits durch eine dynamometrische Muskelkraftmessung mittels Handgriffkrafttest bzw. durch funktionelle Testungen, wie z.B. mittels *Chair Stand Test*. Werden in den Untersuchungen festgesetzte Grenzwerte unterschritten, muss eine Therapie eingeleitet werden. Je nach individuellen Defiziten wird ein Maximalkraft- und/oder ein Schnellkrafttraining bei anschließender leucinreicher Proteinzufuhr empfohlen (Buess & Kressig 2013). Darüber hinaus führt ein Maximalkrafttraining mit hoher Intensität (ca. 80% des EWM) und wenigen Wiederholungen zu einer raschen Zunahme der Muskelkraft, ein Schnellkrafttraining mit niedriger Intensität (ca. 20% des EWM) und explosiver Bewegungsgeschwindigkeit steigert v.a. die motorische Funktion im Alltag (Granacher et al. 2012; Buess & Kressig 2013).

1.3.4. Einfluss des Lebensumfelds

Laut aktueller Studien gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Lebensumfeld und dem körperlichen Aktivitätsniveau älterer Personen (Csapo et al. 2009). Im Vergleich zu im Heim lebenden Senioren schnitten selbstständig lebende Probandinnen besser bei

Untersuchungen der muskulären Leistung sowie Reaktionstests ab und haben ein deutlich höheres körperliches Aktivitätsniveau (Csapo et al. 2009). Selbstständig lebende Ältere sind aktiver bzw. bewegen sich regelmäßig und deren Teilhabe am sozialen Leben ist größer als beim institutionalisierten Kollektiv (De Deco et al. 2007). Unklar ist dabei ob die geringe körperliche Aktivität Ursache oder Folge des Lebens im Heim oder ähnlichen Institutionen ist. Selbständiges Leben im höheren Alter hat somit einen positiven Einfluss auf die muskuläre Leistungsfähigkeit und auf das körperliche sowie soziale Aktivitätsniveau, das sich durch die höhere Variation einfließender Stimuli wiederum positiv auf die Gesundheit älterer Menschen auswirken kann.

Demgegenüber ist jedoch die muskuläre Leistungsfähigkeit gleichzeitig Voraussetzung für ein selbstständiges und unabhängiges Leben. Die Leistungsfähigkeit insbesondere der unteren Extremität, also Muskelmasse, Muskelkraft und Gehfähigkeit, sind wichtige Faktoren für die Selbstbestimmung im höheren Alter (Nakao et al. 2007). Laut Mayer et al. (2011) ist *„für den Erhalt von Selbstständigkeit, Unabhängigkeit sowie Arbeits- und Erwerbsfähigkeit im Alter [ist] eine hohe individuelle Kraftleistungskapazität erforderlich“*. Daher sollte die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit, v.a. die der unteren Extremität, für die Vermeidung eines inaktiven Alltags, insbesondere bei Bewohner/innen von Alters- und Pflegeheimen, als zentrale Aufgaben in der Geriatrie gesehen werden. Eine systematische Übersichtsarbeit, in der ein evidenz-basiertes Trainingsprotokoll speziell für institutionalisierte und z.T. gebrechliche Ältere erstellt wurde, legt dar, dass ein längerfristiges, progressives Trainingsprogramm die körperliche Fitness, die funktionelle Leistungsfähigkeit, die Alltagskompetenz (ADL) sowie die Lebensqualität dieser Personengruppe verbessern kann (Weening-Dijksterhuis et al. 2011). Das Trainingsprogramm sollte eine Kombination aus progressiven Krafttraining (bis 80% des EWM), Gleichgewichtstraining und einem funktionellen Training bestehen und 3 Mal wöchentlich bei moderater bis hoher Intensität durchgeführt werden.

Es gibt keine andere Gruppe in unserer Gesellschaft, die mehr von regelmäßiger Bewegung und Aktivität profitiert, als ältere Menschen. Während sowohl Kraft- als auch Ausdauertraining im zunehmenden Alter stark empfohlen wird, kann Sarkopenie lediglich durch regelmäßiges Krafttraining verlangsamt bzw. gestoppt werden (Evans 2004). Der hohe Stellenwert des geriatrischen Syndroms Sarkopenie hinsichtlich Selbstständigkeit und Lebensqualität rechtfertigen in Anbetracht der zukünftigen demographischen Entwicklung eine intensive Auseinandersetzung und Diskussion, sowohl in der geriatrischen Rehabilitation als auch im Rahmen wissenschaftlicher Studien.

1.4. ZIELE DER STUDIE UND FRAGESTELLUNGEN

Ziel dieser Arbeit ist es, mittels der vorliegenden Interventionsstudie der Studienplattform „Active Ageing“, die Auswirkungen von progressiven Krafttraining mit bzw. ohne Verabreichung eines insbesondere für ältere Personen entwickelten, kommerziell erhältlichen Proteinsupplements auf die funktionelle Leistungsfähigkeit bzw. Muskelkraft (isokinetische Drehmomentmessung) von Bewohnerinnen von Pensionistenwohnheimen (n=103; Alter 65+) zu untersuchen.

Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf das in der Literatur wenig angewendete Trainingsmittel, das Thera-Band, sowie auf den länger andauernden Interventionszeitraum von 6 Monaten. Zudem wird das angewendete Trainingsprogramm speziell für die institutionalisierte Zielgruppe evaluiert.

Folgende Fragestellungen werden in dieser Arbeit analysiert:

Wie wirkt ein 3 bzw. 6 Monate andauerndes, progressives Krafttraining mit dem Thera-Band in Kombination mit einer Proteinsupplementierung auf

- die Muskelkraft (isokinetische Drehmomentmessung der Beinstrecker sowie -beuger konzentrisch bei 60°/s und 120°/s , isometrische Handgriffkraft),
- die physische Leistungsfähigkeit (dynamische Krafftähigkeit der oberen und unteren Extremitäten, Schrittgeschwindigkeit, Beweglichkeit) sowie auf
- die aerobe Leistungsfähigkeit (6-Min-Walking-Test).

Die Veränderungen der Muskelkraft über den Zeitraum von 6 Monaten mit und ohne Ernährungsintervention stellen die Hauptzielparameter in dieser Forschungsarbeit dar. Gleichzeitig werden als Nebenzielparameter die Veränderungen der körperlichen und aeroben Leistungsfähigkeit im selben Zeitraum ermittelt und analysiert.

Die vorliegende Arbeit wurde in Anlehnung an die Studie von Oesen et al. (2015) von der *Active Ageing*-Studienplattform verfasst, wobei die männlichen Probanden aufgrund der geringen Personenanzahl in dieser Arbeit im Vorhinein exkludiert wurden.

2 Methode

2.1 STUDIENDESIGN

Die Studie der Studienplattform „Active Ageing“ des Zentrums für Sportwissenschaften sowie des Instituts der Ernährungswissenschaften wird in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium Wiener Pensionisten-Wohnhäuser durchgeführt und dauert insgesamt etwa zwei Jahre (5 Messzeitpunkte in der gesamten Studiendauer). Ziel ist es die Auswirkungen eines progressiven Krafttrainings sowohl mit als auch ohne Proteinsupplementierung auf die körperliche Leistungsfähigkeit sowie auf die Lebensqualität älterer Personen zu untersuchen. In dieser Arbeit sollen die ersten drei Messzeitpunkte (zu Beginn [*pre*], 3 sowie 6 Monaten nach Interventionsbeginn [*post*]) analysiert werden, wobei hier das Hauptaugenmerk auf die Veränderung von Muskelkraft sowie von bestimmten funktionellen Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit gelegt wird.

Die Studie wurde in einem randomisierten, kontrollierten, Beobachter-blinden Studiendesign mit 3 Parallelgruppen durchgeführt.

2.2 STUDIENTEILNEHMER/INNEN

Die Studienteilnehmer/innen sind alle Bewohner/innen des Kuratorium Wiener Pensionisten-Wohnhäuser (KWP; Seegasse 9, 1090 Wien); sind dort jedoch nicht im stationären Bettenbereich untergebracht. 5 der insgesamt 31 KWP-Häuser beteiligen sich an der Studie, wobei die Selektion für die Teilnahme von Einrichtung und benötigter Ausstattung (Turnsaal, Ärztezimmer, Größe, etc.) sowie der Einwilligung der jeweiligen Direktionen abhängig war. Folgende Wohnhäuser wurden mit eingeschlossen:

- Haus Hohe Warte, Hohe Warte 8, 1190 Wien
- Haus Am Mühlengrund, Breitenfurter Straße 269-279, 1230 Wien
- Haus Leopoldau, Kürschnergasse 10, 1210 Wien
- Haus Trazerberg, Schrutkagasse 63, 1130 Wien
- Haus Atzgersdorf, Gatterederstraße 12, 1230 Wien

2.2.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer/innen wurde bei einer verpflichtenden Morgenbesprechung in den bereits erwähnten Wohnhäusern durchgeführt, indessen die Studie vorgestellt wurde und die erste Kontaktaufnahme stattfand. Zusätzlich wurden Informationsschreiben bzw. -plakate in Aufzüge sowie an Informationstafeln angebracht, um weitere interessierte Proband/innen in die Studie mit einschließen zu können. Etwa eine Woche nach der erstmaligen Studienvorstellung wurde eine zweite, etwas detaillierte Informationsveranstaltung abgehalten, wo auch etwaige Fragen von Seiten der Interessent/innen geklärt werden konnten. Danach wurden Termine für Einzelberatungen mit den potenziellen Studienteilnehmer/innen arrangiert, um die Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien durchzuführen.

2.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Studie eingeschlossen wurden sowohl Männer als auch Frauen mit einem Mindestalter von 65 Jahren, die vor Beginn der Studie bestimmte physische und kognitive Anforderungen nachweisen konnten. Zu einem wurde der geistige Zustand der Interessent/innen mittels *Mini-Mental-State-Test* (MMST) sowie einem Uhrentest überprüft, um sicher zu gehen, dass alle Studienteilnehmer/innen den Anforderungen der Studie Folge leisten können und weiters die Trainingsübungen selbstständig und korrekt ausführen zu können.

Die körperliche Leistungsfähigkeit wurde anhand der *Short-Physical-Performance-Battery* (SPPB) überprüft, der die Gleichgewichtsfähigkeit, die Geh- bzw. Schrittgeschwindigkeit (benötigte Zeit auf 4 Meter) sowie einen Aufstehtest (benötigte Zeit fünf Mal von einem Sessel aufzustehen) ermittelt (Vasunilashorn et al., 2009).

Mindestanforderung und gleichzeitig Einschlusskriterium für die „Active Ageing“ Studie war das Erreichen von mehr als 23 Punkten beim MMST und mehr als 6 Punkte bei der SSPB. Personen, die weniger als 23 Punkte beim MMST erreicht haben oder laut Uhrentest vermutlich dement sind, wurden nicht in die Studie mit eingeschlossen.

Folgende Ausschlusskriterien wurden festgelegt:

- ⤴ chronische Erkrankungen, die eine medizinische Trainingstherapie kontraindizieren
- ⤴ schwerwiegende kardiovaskuläre Krankheiten (dekompensierte chronische Herzinsuffizienz, hochgradige oder symptomatische Aortenstenose, instabile

Angina pectoris, nicht behandelte arterielle Hypertonie, Herzrhythmusstörungen, etc.)

- ⤴ diabetische Retinopathie
- ⤴ manifeste Osteoporose
- ⤴ Einnahme von Antikoagulantia (Bsp.: Marcumar)
- ⤴ Regelmäßige Einnahme von Cortison-haltigen Medikamente
- ⤴ regelmäßiges Krafttraining (>1x / Woche) in den letzten 6 Monaten vor dem Einschluss
- ⤴ fehlende schriftliche Einverständnis zur Testung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Das Erfüllen einer dieser Ausschlusskriterien reicht aus, um nicht an der Studie teilnehmen zu können. Außerdem müssen alle Einschlusskriterien erfüllt sein.

Zusätzlich erfolgte die Aufnahme in die Studie erst nach dem Unterschreiben einer Einwilligungserklärung sowohl für die Studienteilnahme als auch für die Voruntersuchung. (vgl. Oesen et al. 2015)

2.3 INTERVENTION

Die Studienteilnehmer/innen wurden in 3 Parallelgruppen aufgeteilt:

- Krafttraining (KT)
- Krafttraining + Supplement (KTS)
- kognitives Training (KO)

-) KRAFTTRAINING (KT):

Die Trainingsintervention umfasst ein progressives Kräftigungstraining, das 2 Mal pro Woche in den jeweiligen Wohnhäusern stattfindet. Als Trainingsmittel wird das Thera-Band (elastisches Gummiband) sowie das eigene Körpergewicht eingesetzt.

Nach einer 10-15 minütigen Aufwärmphase (Mobilisation und Stretching) werden 10 Kraftübungen durchgeführt, die die wichtigsten Muskelgruppen beanspruchen. Die gewählten Übungen werden jeweils in 2 Sätzen mit 15 Wiederholungen durchgeführt, wobei etwa 30-60 Sekunden Satzpause eingehalten wird. Insgesamt dauert die Durchführung der 10 Übungen ca. 35-40 Minuten. In der Gewöhnungsphase (4 Wochen) werden 15

Wiederholungen der leichtesten Übung gemacht (Steigerung zur schwierigen Variante der Übungen nur dann wenn starke Unterforderung vorhanden ist); ab der 5. Woche wird auf 2 Sätze mit je 15 Wiederholungen der leichten Übung gesteigert; wenn leicht schaffbar jeweils eine leichte und eine schwere Übungsvariante; dann Steigerung auf 2 Sätze schwere Übung. Leicht schaffbar heißt, dass die Proband/innen 15 Wiederholungen im 2. Satz leicht erreichen, d.h. wenn noch weitere Wiederholungen möglich sind. Zusätzlich kann eine Intensitätssteigerung durch den Wechsel auf ein stärkeres Thera-Band (höherer Widerstand) erzielt werden.

Anschließend erfolgt eine 10 minütige Cool-down Phase mit Entspannungsübungen; somit kann eine gesamte Trainingseinheit mit 60 Minuten berechnet werden.

In den ersten 6 Monaten wird das Training von Mitarbeiter/innen der *Active Ageing*-Plattform angeleitet; später führen die Studienteilnehmer/innen die Übungen selbstständig durch.

-) KRAFTTRAINING + SUPPLEMENT (KTS):

Neben dem zuvor beschriebenen Krafttraining wird in dieser Gruppe als weitere Interventionsmaßnahme die tägliche Einnahme von 40g des Proteinsupplements *Forti-Fit* (*Nutricia*) verabreicht. Die genauen Bestandteile (150kcal) setzen sich aus 20,7g Protein (56 En%, 19,7g Molkeprotein, 3g Leucin, >10g essentielle Aminosäuren); 9,3g Kohlehydrate (25 En%; 0,8 BE); 3,0g Fett (18 En%); 1,2 g Ballaststoffe (2 En%); 800 IU (20µg) Vitamin D; 250mg Calcium; Vitamine B6 & B12 Folsäure und Magnesium zusammen. Dieses Supplement wird jeden Morgen direkt beim Frühstück eingenommen.

[*Nutricia FortiFit* Österreich <http://www.fortifit.nutricia.at/> (2010). Zugriff am 06. Juni 2014 unter http://www.fortifit.nutricia.at/index.php/home/ueber_fortifit/inhaltsstoffe]

-) KOGNITIVES TRAINING (KO):

Bei der Gruppe *Kognitives Training* wird das übliche Bewegungs- und Ernährungsverhalten aufrechterhalten und keine Interventionen durchgeführt (Vergleichsgruppe). Es findet lediglich 2x wöchentlich ein Training für die Verbesserung kognitiver und feinmotorischer Fähigkeiten statt. Das kognitive Training besteht aus Gedächtnisübungen sowie aus Geschicklichkeitsübungen (speziell für die Finger).

Um die sozialen Einflussfaktoren der wöchentlichen Anwesenheit in den Trainingseinheiten innerhalb der Gruppen stets auszuwiegen, wurde keine klassische Kontrollgruppe gewählt

(keine Intervention). Die beaufsichtigten Gruppeneinheiten finden in allen drei Gruppen (Krafttraining, kognitives Training) 2x wöchentlich statt, somit sind soziale Effekte vergleichbar.

(vgl. Oesen et al. 2015)

2.4 TESTBATTERIE

Hauptzielparameter sind Veränderungen der Muskelkraft, gemessen mittels isokinetischer Drehmomentmessung der Beinmuskulatur und der isometrischen Handgriffkraft, vom Interventionsbeginn (0 Monate) zu 3 Monate sowie 6 Monate nach Beginn des Krafttrainings und der Ernährungsintervention. Nebenzielparameter sind die körperliche und aerobe Leistungsfähigkeit, die mittels funktionellen Testungen (30Sek-Aufstehetest, Functional Reach-Test, usw.) bzw. 6Min-Walking Test ermittelt werden und deren Veränderungen von pre- zu 6 Monaten post-Training.

Die bereits erwähnte *Short-Physical-Performance-Battery* (SPPB) wurde bei der Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien für die Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit der potentiellen Studienteilnehmer/innen herangezogen. Die folglich beschriebenen Testungen werden jeweils zu Beginn (Zeitpunkt 1), nach 3 Monaten (Zeitpunkt 2) sowie nach 6 Monaten (Zeitpunkt 3) durchgeführt und sind Hauptgegenstand dieser Arbeit.

Die Messungen der Muskelkraft der oberen und unteren Extremitäten finden aus organisatorischen Gründen im Kraftlabor des Zentrums für Sportwissenschaft und Universitätssport (Auf der Schmelz 6, 1150 Wien) statt. Es werden 5 Proband/innen gleichzeitig von den jeweiligen Wohnhäusern abgeholt und nacheinander getestet. Der Zeitaufwand beträgt etwa 2 Stunden.

2.4.1 Isokinetische Drehmomentmessung der Beinmuskulatur

Die Kraftmessung der unteren Extremitäten erfolgt über eine konzentrische, isokinetische Drehmomentmessung (Lido Loredan Biomedical, Inc) der Knieextension und -flexion (ROM 20-90°) mit einer Geschwindigkeit von 60°/s sowie 120°/s.

Die Proband/innen werden über den Testablauf informiert, danach erfolgt die Positionierung in sitzender Position in den Drehmehrsstuhl, der an den individuellen anthropometrischen Voraussetzungen der Personen angepasst wird (Rückenlehne, Drehpunkt Kniegelenk abgestimmt auf Gerät, genormte Einstellungen). Die Proband/innen haben einige Probeversuche bei 60°/s mit progressiven Intensitätssteigerung zum Aufwärmen und Gewöhnung an das Gerät. Nach kurzer Pause beginnt die Testung, wobei jede Messung (bei 60°/s sowie 120°/s) jeweils 2 Mal durchgeführt wird. Der bessere Wert wird herangezogen.

Getestet wird immer das linke Bein mit Ausnahme von 3,2% der Probandinnen, die durch akute Einschränkungen das rechte Bein verwenden (bei folgenden Messungen wird immer die selbe Seite wie bei den Pre-Tests herangezogen).

2.4.2 Isometrische Messung der Handgriffkraft (handgrip strength)

Die isometrische Handgriffkraft (kg) wird mittels Dynamometer ermittelt (JAMAR - kompatibler Handgriff-Dynamometer, adaptierbar an unterschiedliche Griffweiten), wobei sowohl die linke als auch die rechte Hand bei einer maximalen isometrischen Anspannungsdauer von 4-5 Sekunden getestet werden.

Die Proband/innen haben 2 Versuche mit einer Pause von 1-2 Minuten; der Test wird sitzend durchgeführt und dauert insgesamt ca. 5 Minuten. (Oesen et al. 2015)

Die Durchführung der funktionellen Tests ist sowohl in den KWP-Wohnhäusern als auch im Zuge der Kraftmessung im Kraftlabor des Instituts für Sportwissenschaften vollzogen worden. Bei den Messungen wurde darauf geachtet, dass die etwas intensiveren Tests (30Sek-Aufstehetest, Gehgeschwindigkeit) vor dem extensiven 6-Min-Walking Test gereiht wurde. Die Proband/innen wurden vor jeder Durchführung genau über den Testablauf informiert.

2.4.3 30-Sekunden-Aufstehetest (30s-chair-stand test)

Dieser Test beschreibt die funktionelle Überprüfung der dynamischen Kraftfähigkeit der unteren Extremität und erfasst die muskuläre Leistung, also Kraft x Geschwindigkeit.

Dieser Test wird nach Anleitung von Jones et al. (1999) durchgeführt. Hierbei wird versucht innerhalb von 30 Sekunden so oft wie möglich von einem ca. 46 cm hohen Stuhl aufzustehen und wieder zu setzen. Die Proband/innen sollen ohne Einsatz der Arme, diese sind auf der Brust verschränkt, aufstehen, sodass Knie- und Hüftgelenke vollständig gestreckt sind. Es ist zu beachten, dass der Stuhl möglichst stabil ist und die Testpersonen rutschfeste Schuhe haben bzw. barfuß sind, um eine sichere und kontrollierte Ausführung

gewähren zu können. Es sollen nun so viele Wiederholungen gemacht werden wie möglich (= vollständige Streckung in Knie- und Hüftgelenk bis kurzes Hinsetzen auf Stuhl). In der 30. Sekunde wird die Wiederholung nur dann mitgezählt, wenn die Person mehr als 50% der Bewegungsumfangs (ROM) bewältigt hat.

2.4.4 Functional-Reach Test

Zur Überprüfung des dynamischen Gleichgewichts und posturalen Stabilität wurde der einfach durchführbare *Functional-Reach Test* herangezogen (Duncan et al. 1990). Dieser Test wird häufig als motorischer Funktionstest verwendet und steht in Verbindung mit einem erhöhten Sturzrisiko bei älteren Personen, die nicht mehr als 15 cm Reichweite erzielen (Weiner, D.K., Duncan, P.W., Chandler, J. & Studenski, S.A.1992, zit. n. Jonsson et al. 2002).

Die Probanden werden ersucht die Arme maximal auszustrecken während der Oberkörper so weit wie möglich nach vorne gebeugt wird (Inklination), ohne dabei die Standposition zu verändern. Der Blick sollte stets nach vorne in Richtung Hände neigen und es darf kein Kontakt des Körpers mit der Wand oder anderen Gegenständen stattfinden. Die Probanden haben 2 Versuche, wobei der bessere Versuch gezählt wird. Gemessen wird hier die Distanz (cm) zwischen Armlänge und der maximal erzielten Reichweite des Probanden bei gleichzeitiger Beibehaltung der Standposition bzw. posturalen Stabilität (Jonsson et al. 2002).

2.4.5 Armhebetest (arm-lifting test)

Dieser Test wurde für die Messung der physischen Funktion der oberen Extremität herangezogen. Die Studienteilnehmerinnen wurden ersucht ein bestimmtes Gewicht (Hantel) innerhalb von 30 Sekunden so oft wie möglich hoch zu heben; die Kurzhantel muss mit gestrecktem Arm 30cm (farblich markiert) hoch gehoben und wieder zum Ausgangspunkt (Tischplatte) zurück geführt werden. Verglichen zum herkömmlichen „Arm-Curl Test“, der die Kraftausdauerleistung misst (Dunsky et al. 2011) ist der modifizierte Armhebetest funktioneller und die Bewegung (Armelevation) ist oft im Alltag integriert.

Die verwendeten Gewichte wiegen 1,5 kg bzw. 2 kg, d.h. die Personen hatten insgesamt 2 Versuche à 30 Sekunden. Es wurde jeweils die dominante Seite getestet, außer bei Vorliegen einer Verletzung oder einer anderen Einschränkung des Arms bzw. im Schultergürtelbereich. Der Test wurde im Sitzen ausgeführt; für eine optimale Sitzposition wurde der Sessel individuell an die Körpergröße der Testpersonen angepasst.

Gemessen wurde die maximale Wiederholungszahl [WH], wobei nur gänzlich durchgeführte Wiederholungen, also die gesamte Höhe von der Tischplatte bis hin zur farblichen Markierung und retour, gezählt werden. Die letzten 10 Sekunden des Testablaufs werden deutlich von Mitarbeiter/innen diktiert.

2.4.6 Geh-/Schrittgeschwindigkeit (gait speed)

Für diese Studie wurde die maximale Ganggeschwindigkeit (*Brower Timing System USA*) über 6 Meter mit oder ohne Gehhilfen (Rollator, Stock) gemessen. Von einer insgesamt 10 Meter langen Strecke wurde die Geschwindigkeit von lediglich 6 Metern erfasst; jeweils am Start sowie am Ende der Strecke wurden 2 Meter nicht miteinbezogen (Beschleunigungs- sowie Bremsphase). Nach dem ersten Versuch wurden die Probanden gebeten langsam zurück zu gehen und nach kurzer Pause einen zweiten Versuch zu starten - der bessere wurde für die statistischen Berechnungen verwendet.

Für die Messung der aeroben Leistungsfähigkeit der Probandinnen wurde der *6-min-Walk Test* (6-Min-Gehtest) herangezogen.

2.4.7 6-Min-Gehtest (6-Min-Walking Test)

Dieser Test erfasst die funktionelle aerobe Leistungsfähigkeit der Proband/innen über die Messung der zurückgelegten Wegstrecke in Meter. Ziel ist es, innerhalb von 6 Minuten möglichst viele Meter gehend zurückzulegen; eine farblich markierte Strecke von 30m wird zurückgelegt (hin und retour gehen).

Dieser Test wurde in den KWP-Wohnhäusern in langen Korridoren ohne Hindernisse oder Unebenheiten durchgeführt mit 2 Testern jeweils am Anfang und Ende der abgesteckten Wegstrecke. Die Proband/innen dürfen das Tempo selbst wählen, evt. bei Bedarf auch Pausen einlegen und gegebenenfalls Gehhilfen (Rollator oder Gehstock) verwenden. Es wird deutlich ein Start- sowie Endsignal gegeben; die Proband/innen werden dabei aufgefordert sofort stehen zu bleiben, um exakt die hinterlegte Strecke festhalten zu können. (vgl. Oesen et al. 2015)

2.5 DATENERHEBUNG SOWIE -AUSWERTUNG

Nach der Datenerhebung in den KWP-Wohnhäusern sowie im Zentrum für Sportwissenschaften erfolgte die Dateneingabe bzw. -auswertung von Mitarbeiter/innen der Studienplattform „Active Ageing“. Die erhobenen Daten der Studienteilnehmer/innen werden anonymisiert und an einem für Dritte nicht zugänglichen Ort aufbewahrt.

Die Datenauswertung bzw. -verarbeitung erfolgte mittels kommerzieller Software; verwendet wurde das Statistik-Programm SPSS 18.0.

Zu Beginn wurden die metrischen Daten mittels Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung geprüft (Voraussetzungsprüfung für spätere Analysen). Die nicht normalverteilten Parameter (*30Sek-Aufstehetest*, *Ratio Extension/Flexion bei 60°/s* sowie *120°/s*, *Armhebetest leicht* und *Gehgeschwindigkeit*) werden logarithmiert und diese erneut auf Normalverteilung geprüft. Die Tabelle mit der Normalverteilungsprüfung der einzelnen Parameter ist im Anhang zu finden.

Nach Überprüfung der Normalverteilung erfolgt die statistische Analyse durch Anwendung von:

- ANOVA mit Messwertwiederholung (multivariater Test) für die Prüfung von Gruppeneffekten (KT, KTS, KO), Zeiteffekten (ZP1, ZP2, ZP3) sowie für die Erhebung einer Interaktion dieser Effekte (Interaktionseffekt)
- Post-hoc Analyse von signifikanten Zeit- und Gruppeneffekten
- Graphische Darstellung durch Boxplot

Die graphische Darstellung der Boxplots sollen die ermittelten Ergebnisse besser veranschaulichen.

Die Ergebnisse der Auswertungen werden in Kapitel 3.3 detailliert beschrieben. Das festgelegte Signifikanzniveau der angewendeten Tests liegt bei 5% (0,05).

3 Resultate

3.1 STUDIENBETEILIGUNG

Alle Studienteilnehmer/innen sind Bewohner/innen der KWP-Wohnhäuser der Stadt Wien (insgesamt 5 Häuser bei „Active-Ageing“ Studie beteiligt). Von 230 Interessent/innen haben sich insgesamt 160 Personen für die Voruntersuchung bereit gestellt, wobei 43 Personen wegen Vorliegen eines Ausschlusskriteriums bzw. eines fehlendes oder nicht erfülltes Einschlusskriteriums vorab ausgeschlossen wurden (siehe Kapitel 2.2.2).

Wie in Abbildung 8 zu sehen ist, wurden für diese Arbeit die männlichen Probanden ausgenommen, da lediglich 14 Männer an der Studie beteiligt waren. Es haben mit 88% deutlich mehr Frauen an der Studie teilgenommen als Männer ($p < 0,001$), d.h. die Gruppengröße der männlichen Teilnehmer ist zu gering für geschlechtsspezifische Gruppenvergleiche. Die kleine Anzahl der männlichen Studienteilnehmern wird mit einer geringen statistischen Aussagekraft verbunden, somit werden in dieser Arbeit nur die weiblichen Studienteilnehmerinnen berücksichtigt ($n=103$).

Die Drop-out Rate innerhalb des 6-monatigen Interventionszeitraums liegt bei 30%. Neben medizinischen Ausscheidungsgründen wurde auch fehlendes Interesse hinsichtlich einer Studienbeteiligung angegeben. Hier konnten signifikante Unterschiede zwischen den Studienabbrechern und den sogenannten *finisher* analysiert werden: zu Beginn der Studie (ZP 1) schnitten die gebliebenen Proband/innen beim Aufstehetest um 34% ($p=0,012$), beim 6MWT um 23% ($p=0,005$) und bei der Schrittgeschwindigkeit (*gait speed*) um 30% ($p=0,013$) besser ab als die vorzeitigen Aussteiger (Oesen et al. 2015).

Die Datenerhebungen der Kraftmessungen, funktionellen Tests sowie der aeroben Leistungsfähigkeit sind in Abb. 8 graphisch dargestellt. Die jeweiligen Zeitpunkte (ZP 1, ZP 2, ZP 3) bzw. die Studienteilnahme sind hier detailliert aufgelistet.

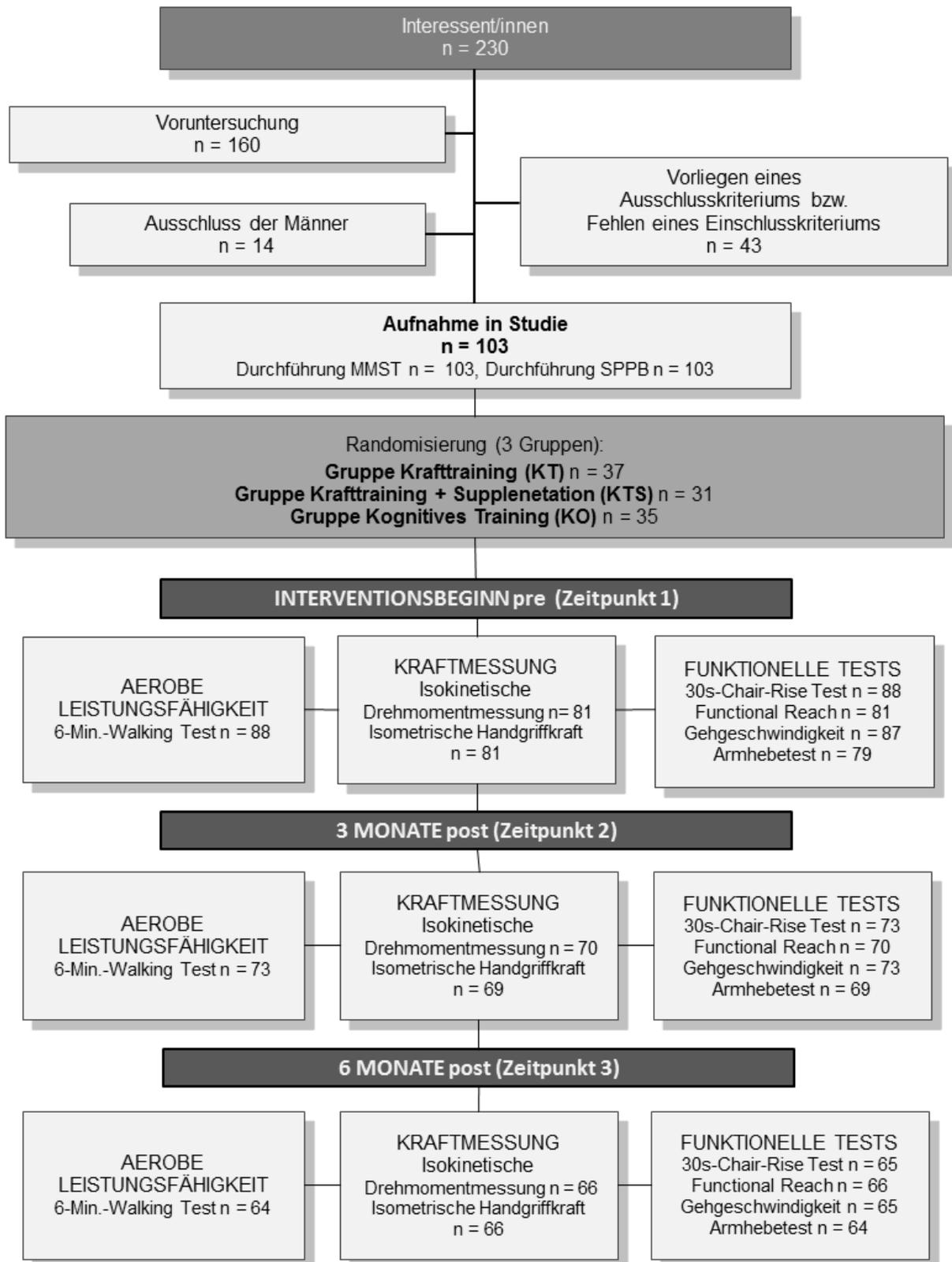


Abb. 8: Studienbeteiligung

3.2 DESKRIPTIVE BESCHREIBUNG DER STUDIENTEILNEHMERINNEN

Nach Ausschluss der männlichen Studienteilnehmer (n=14) beziehen sich die deskriptiven Beschreibungen wie auch alle weiteren Berechnungen ausschließlich auf die weiblichen Studienteilnehmerinnen (n=103). In Tabelle 2 sind deskriptive Beschreibungen hinsichtlich Gruppe und Alter dargestellt, außerdem sind hier auch die Ergebnisse des *Mini-Mental-State Test* (MMST) und der *Short-Physical-Performance-Battery* (SPPB) zusammengefasst.

Tabelle 2: Charakterisierung der Studienteilnehmerinnen

	Gesamt	Training (KT)	Training & Ernährung (KTS)	Kognitives Training (KO)	p-Wert
Probandinnen (n)	103	37	31	35	
Alter [Jahre]	83,58 (65,00 - 92,17)	82,92 (71,67 - 92,17)	83,92 (65,00 - 92,17)	84,50 (69,42 - 91,75)	0,810
Mini-Mental [-]	28,00 (22 - 30)	27,00 (22 - 30)	28,00 (22 - 30)	28,00 (23 - 30)	0,160
SPPB [-]	10,00 (1 - 12)	10,00 (3 - 12)	9,00 (1 - 12)	10,00 (2 - 12)	0,110
<p><i>Werte stellen Mediane (Minimum - Maximum) dar; p-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen den Gruppen (KT, KTS und KO)</i></p>					

Zu Beginn der Studie (Zeitpunkt 1) gibt es keine signifikanten Gruppenunterschiede (zwischen KT, KTS und K) hinsichtlich der Variablen Alter ($p = 0,810$), MMST ($p = 0,160$) sowie SPPB ($p = 0,110$).

Tabelle 3: Anthropometrischen Kenngrößen der Studienteilnehmerinnen

	Gesamt	Training (KT)	Training & Ernährung (KTS)	Kognitives Training (KO)	p-Wert
Gewicht [kg], n=91	71,2 (46,2 – 107,7)	72,10 (54,0 – 89,6)	71,90 (56,3 – 107,7)	74,40 (46,2 – 102,0)	0,340
Größe [m], n=91	1,57 (1,40 – 1,72)	1,58 (1,40 – 1,68)	1,57 (1,47 – 1,72)	1,56 (1,51 – 1,68)	0,780
BMI [kg/m ²], n=91	29,24 (18,14 – 49,69)	29,02 (22,86 – 40,15)	29,83 (22,94 – 43,69)	29,63 (18,14 – 36,86)	0,480
Taillenumfang [cm], n=82	90,7 (63,6 – 114,3)	89,25 (69,0 – 114,0)	91,00 (79,0 – 114,3)	92,30 (63,6 – 110,0)	0,960
Hüftumfang [cm], n=82	106,3 (85,3 – 143,9)	105,80 (98,5 – 126,5)	109,00 (92,5 – 143,9)	106,50 (85,3 – 129,8)	0,520
Waist / Hip Ratio [-], n=82	0,85 (0,7 – 10,1)	0,84 (0,70 – 0,96)	0,85 (0,72 – 1,01)	0,86 (0,71 – 0,99)	0,200
Körperfett [kg], n=88	26,65 (6,3 – 54,3)	24,80 (13,4 – 39,8)	25,60 (14,8 – 54,3)	27,90 (6,3 – 48,2)	0,770
Körperfett [%], n=88	35,9 (14,0 – 50,4)	34,90 (24,8 – 46,7)	35,30 (24,0 – 50,4)	37,10 (14,0 – 47,3)	0,920
Magermasse [kg], n=88	45,5 (36,3 – 66,2)	45,85 (37,0 – 52,5)	45,70 (36,3 – 55,5)	45,50 (36,5 – 55,2)	0,210
BCM [kg], n=88	19,45 (12,9 – 26,4)	19,25 (2,7 – 25,0)	20,50 (12,9 – 26,4)	19,30 (14,8 – 23,8)	0,200
Zellanteil %, n=88	43,47 (32,6 – 51,2)	43,15 (5,4 – 51,2)	44,94 (35,5 – 50,4)	44,27 (34,8 – 49,0)	0,490
<p>Werte stellen Mediane (Minimum - Maximum) dar; p-Werte beziehen sich auf Unterschiede zwischen den Gruppen (KT, KTS und K) BCM [kg]...Muskel- und Organzellmasse; Zellanteil [%]...Anteil BCM in der Magermasse</p>					

Die anthropometrischen Daten weisen zu Beginn der Studie (Zeitpunkt 1) keine signifikanten Unterschiede auf ($p > 0,05$).

Bei der Überprüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov Test zeigen die Variablen *PT Knieextension* sowie *-flexion bei 60°/sec* und *120°/sec [Nm]*, *Handgrip links und rechts [N]*, *Functional Reach Test [cm]*, *Armhebetest schwer [WH]* sowie die Variable *6-Min-Walking-Test [m]* keine Abweichung der Normalverteilung. Die Variablen *30Sek-Aufstehetest [WH]*, *Ratio Extension/Flexion 60°/s [-]*, *Ratio Extension/Flexion 120°/s [-]*, *Armhebetest leicht [WH]* und *Gehgeschwindigkeit [sec]* sind nicht normalverteilt ($p < 0,05$) und müssen für die weitere statistische Analyse zuerst logarithmiert werden. Des Weiteren werden diese dann erneut auf Normalverteilung überprüft.

Eine detaillierte Tabelle der Normalverteilungsprüfung der einzelnen Parameter ist im Anhang zu finden.

3.3 ERGEBNISDARSTELLUNG DER KRAFTMESSUNG UND FUNKTIONELLEN PARAMETER

Die Ergebnisse der Kraftmessung sowie der funktionellen Testungen werden mittels SPSS 18.0 analysiert und signifikante Unterschiede (Gruppen-, Zeit- oder Interaktionseffekte) ermittelt.

Mittels einer ANOVA mit Messwertwiederholung wurden die Zeit-, Gruppen- sowie Interaktionseffekte statistisch geprüft, wobei diese bei den Variablen ohne bestehender Normalverteilung (siehe Kapitel 3.2) mit logarithmierten Werten erfolgte.

Zudem wurden Korrelationen zwischen den untersuchten Parametern berechnet, wobei für die Auswertung aufgrund der nicht normalverteilten Variablen der Korrelationskoeffizient nach Spearman herangezogen wurde.

Tabelle 4: ANOVA mit Messwertwiederholung – Isokinetische Drehmomentmessungen und Handgriffkraft (handgrip)

Gruppen(n)		absolute Werte			p-Werte		
		ZP 1 pre	ZP 2 3 Monate post	ZP 3 6 Monate post	Zeit	Interaktion	Gruppe
PT Knieextension 60°/s [Nm]	1 (KT) n = 23	68,50 (15 - 126)	79,67 (27 - 127)	74,00 (16 - 118)	0,070	0,303	0,083
	2 (KTS) n = 20	66,00 (31 - 127)	73,00 (37 - 124)	72,00 (43 - 125)			
	3 (KO) n = 18	69,00 (30 - 106)	72,33 (38 - 94)	65,50 (13 - 88)			
PT Knieflexion 60°/s [Nm]	1 (KT) n = 23	35,67 (13 - 60)	36,00 (10 - 65)	42,33 (10 - 62)	0,002	0,027	0,201
	2 (KTS) n = 20	37,50 (15 - 64)	38,33 (24 - 62)	41,50 (30 - 69)			
	3 (KO) n = 18	37,50 (18 - 53)	41,50 (22 - 62)	35,00 (14 - 55)			
Ratio Ext/Flex 60°/s [-]	1 (KT) n = 23	,5053 (,40 - 1,00)	,5119 (,28 - ,74)	,5781 (,40 - ,79)	<0,001	0,466	0,496
	2 (KTS) n = 20	,5218 (,26 - ,94)	,5224 (,38 - ,93)	,5528 (,46 - ,88)			
	3 (KO) n = 18	,5227 (,28 - ,87)	,5585 (,43 - 1,08)	,5744 (,44 - 1,08)			
PT Knieextension 120°/s [Nm]	1 (KT) n = 23	56,00 (19 - 89)	65,00 (28 - 97)	58,00 (20 - 94)	<0,001	0,733	0,257
	2 (KTS) n = 20	54,67 (20 - 106)	62,00 (28 - 112)	59,00 (35 - 104)			
	3 (KO) n = 18	55,33 (24 - 91)	65,33 (35 - 93)	55,50 (16 - 84)			

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

	1 (KT) n = 23	33,67 (12 - 54)	37,67 (12 - 56)	37,00 (13 - 61)			
PT Knieflexion 120°/s [Nm]	2 (KTS) n = 20	31,75 (19 - 64)	39,00 (23 - 70)	37,33 (24 - 64)	<0,001	0,176	0,446
	3 (KO) n = 18	31,67 (16 - 47)	37,33 (29 - 56)	37,50 (12 - 58)			
	1 (KT) n = 23	,6000 (,44 - ,97)	,5802 (,38 - 1,00)	,6225 (,44 - ,84)			
Ratio Ext/Flex 120°/s [-]	2 (KTS) n = 20	,6027 (,44 - 1,20)	,5970 (,31 - 1,12)	,6134 (,41 - ,93)	0,332	0,320	0,805
	3 (KO) n = 18	,5645 (,37 - ,78)	,5585 (,41 - 1,06)	,6873 (,46 - ,89)			
	1 (KT) n = 23	18,500 (4 - 29)	19,333 (9,0 - 29,0)	20,200 (6,0 - 28,0)			
Handgrip rechts [kg]	2 (KTS) n = 20	17,333 (8 - 29)	17,250 (9,0 - 28,0)	18,000 (9,0 - 31,0)	0,774	0,082	0,006
	3 (KO) n = 17	15,500 (2 - 22)	15,000 (4,0 - 24,0)	14,714 (4,0 - 22,0)			
	1 (KT) n = 22	19,000 (8,0 - 25,0)	19,200 (10,0-29,0)	19,167 (8,0 - 28,0)			
Handgrip links [kg]	2 (KTS) n = 20	16,500 (5,0 - 30,0)	17,500 (5,0 - 32,0)	16,000 (12,0-32,0)	0,698	0,198	0,015
	3 (KO) n = 18	14,750 (6,0 - 22,0)	15,667 (5,0 - 20,0)	15,000 (2,0 - 21,0)			

Werte stellen Mediane (Minimum - Maximum) dar;

p-Werte beziehen sich auf Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekte berechnet mittels einer ANOVA mit Messwertwiederholung

*signifikante Werte sind **fett** markiert*

Tabelle 5: ANOVA mit Messwertwiederholung – Funktionelle Tests

		Gruppen(n)			absolute Werte			p-Werte	
		ZP 1 pre	ZP 2 3 Monate post	ZP 3 6 Monate post	Zeit	Interaktion	Gruppe		
30Sek-Aufstehetest [WH]	1 (KT) n = 21	11,50 (5 - 20)	14,30 (3 - 23)	15,00 (10 - 25)	<0,001	0,173	0,002		
	2 (KTS) n = 18	12,14 (0 - 20)	14,00 (0 - 18)	15,00 (0 - 19)					
	3 (KO) n = 17	11,29 (0 - 22)	10,80 (0 - 18)	10,57 (0 - 17)					
Functional Reach Test [cm]	1 (KT) n = 23	32,00 (15 - 38)	32,63 (10 - 43)	30,75 (13 - 42)	0,974	0,118	0,019		
	2 (KTS) n = 20	31,00 (15 - 41)	29,17 (21 - 44)	32,75 (17 - 41)					
	3 (KO) n = 18	25,40 (19 - 38)	27,25 (16 - 37)	25,10 (19 - 36)					
Armhebetest leicht [WH]	1 (KT) n = 22	27,00 (14 - 54)	30,00 (12 - 59)	35,50 (15 - 60)	<0,001	0,444	0,064		
	2 (KTS) n = 20	21,80 (11 - 49)	26,33 (15 - 51)	35,00 (15 - 52)					
	3 (KO) n = 16	21,00 (12 - 47)	25,33 (14 - 43)	26,67 (12 - 52)					
Armhebetest schwer [WH]	1 (KT) n = 15	25,00 (10 - 45)	29,00 (8 - 50)	33,25 (10 - 53)	<0,001	0,283	0,601		
	2 (KTS) n = 15	21,00 (2 - 44)	28,33 (7 - 48)	35,67 (9 - 50)					
	3 (KO) n = 11	22,75 (8 - 46)	24,67 (10 - 41)	25,67 (9 - 41)					

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

Gait speed [sek]	1 (KT) n = 21	4,145 (2,4 - 6,1)	4,0433 (2,12 - 5,75)	3,8800 (2,15-5,14)	0,019	0,115	0,072
	2 (KTS) n = 20	4,405 (1,9 - 9,9)	4,3100 (2,87-10,79)	4,2033 (2,18-10,01)			
	3 (KO) n = 20	4,490 (2,4 - 13,2)	4,5800 (1,83-8,18)	4,6267 (2,23-8,60)			
6-Min-Walking Test [m]	1 (KT) n = 21	365 (134 - 558)	381 (165 - 559)	428 (240 - 600)	0,069	0,689	0,059
	2 (KTS) n = 20	359 (180 - 479)	378 (175 - 510)	357 (207 - 475)			
	3 (KO) n = 19	360 (114 - 533)	360 (180 - 551)	361 (150 - 547)			

*Werte stellen Mediane (Minimum - Maximum) dar;
p-Werte beziehen sich auf Zeit-, Interaktions- und Gruppeneffekte berechnet mittels einer ANOVA mit Messwertwiederholung
signifikante Werte sind **fett** markiert*

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der ANOVA mit Messwertwiederholung der isokinetischen Drehmomentmessung zusammengefasst. Die Variable *PT Knieflexion 60° [Nm]* weist sowohl einen signifikanten Zeiteffekt ($p=0,002$) als auch einen Interaktionseffekt ($p=0,027$) auf; hat jedoch keine signifikanten Gruppenunterschiede ($p=0,201$).

Weitere signifikanten Zeiteffekte sind bei den Variablen *Ratio Ext/Flex 60° [-]* ($p<0,001$), *PT Knieextension 120° [Nm]* ($p<0,001$) sowie bei der Variable *PT Knieflexion 120° [Nm]* ($p<0,001$) zu erkennen. Ansonsten sind jedoch bei diesen drei Variablen keine signifikanten Interaktions- sowie Gruppeneffekte zu finden.

Die übrigen Variablen *PT Knieextension 60° [Nm]* und *Ratio Ext/Flex 120° [-]* weisen keine signifikante Effekte auf.

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der ANOVA mit Messwertwiederholung der funktionellen Tests zu finden.

Die Variable *30Sek-Aufstehetest [WH]* weist sowohl einen signifikanten Zeiteffekt mit $p<0,001$, als auch einen signifikanten Gruppeneffekt mit $p=0,002$ auf. Eine Signifikanz in der Interaktion zwischen Gruppe und Zeit konnte nicht festgestellt werden ($p=0,173$). Der *30Sek-Aufstehetest [WH]* ist der einzige Parameter mit zwei signifikanten Effekten in Tabelle 5.

Weitere Zeiteffekte konnten bei den Parametern *Armhebetest leicht [WH]* ($p<0,001$), *Armhebetest schwer [WH]* ($p<0,001$) und *Geh-/Schrittgeschwindigkeit[sec]* ($p=0,019$) nachgewiesen werden.

Signifikante Gruppeneffekte sind bei den Variablen *Handgrip links [N]* ($p=0,015$), *Handgrip rechts [N]* ($p=0,006$) sowie beim *Functional-Reach Test [cm]* ($p=0,019$) zu beobachten.

Bei den funktionellen Testungen konnte kein Interaktionseffekt ermittelt werden ($p>0,05$).

Der *6-Min-Walking-Test [m]* weist als einzige Variable in Tabelle 5 keine signifikante Werte auf.

3.3.1 Isokinetische Drehmomentmessung –

Knieextension & -flexion bei 60°/s

Die Variable *PT Knieextension 60°/s* ist statistisch nicht signifikant. Es konnten weder Zeit-, Gruppen oder Interaktionseffekte ermittelt werden ($p > 0,05$).

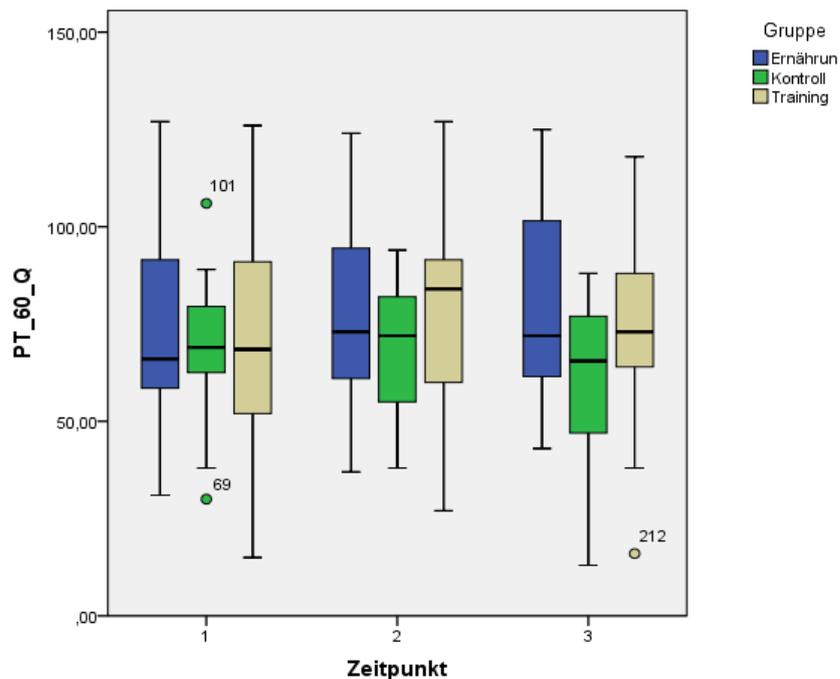


Abb. 9: Boxplot *PT Knieextension bei 60°/s*

Bei den isokinetischen Drehmomentmessungen weist ausschließlich die Variable *PT Knieflexion 60°/s* [Nm] zugleich zwei signifikante Effekte auf (Zeit und Interaktion). Die statistische Überprüfung mittels einer ANOVA mit Messwertwiederholung ergab eine Signifikanz in der Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($p=0,027$). In der gesamten Analyse gab es nur einen Interaktionseffekt.

Aufgrund des signifikanten Zeiteffektes ($p=0,002$) der *PT Knieflexion 60°/s*, werden die Zeitpunkte genauer analysiert:

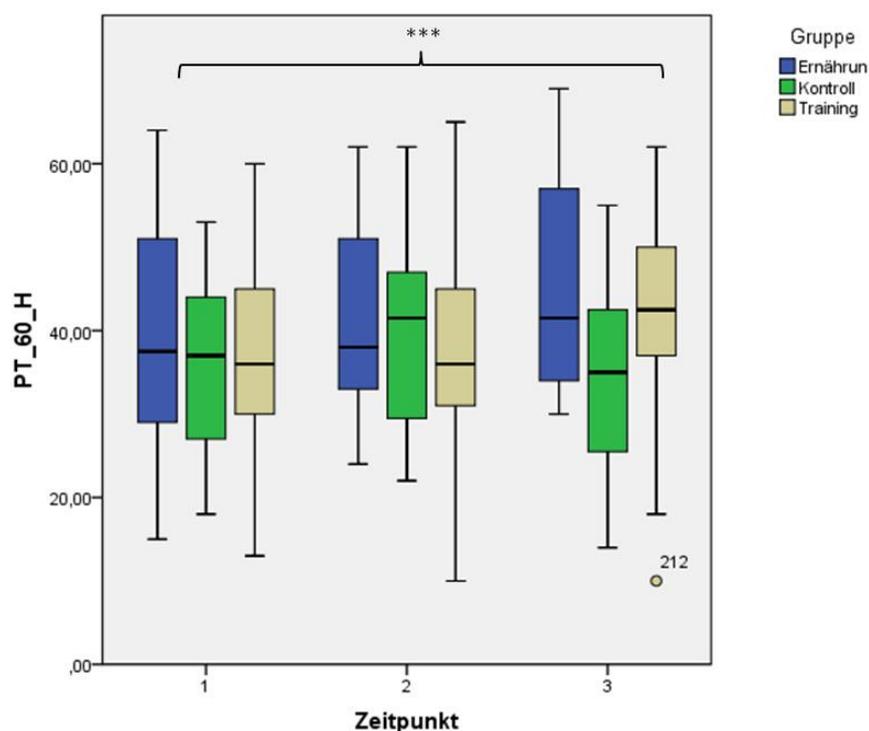
Tabelle 6: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – PT Knieflexion 60°/s

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
PT Knieflexion 60°/s (1) - PT Knieflexion 60°/s (2)	0,061
PT Knieflexion 60°/s (2) - PT Knieflexion 60°/s (3)	0,781
PT Knieflexion 60°/s (1) - PT Knieflexion 60°/s (3)	0,003

(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Ein signifikanter Zeiteffekt konnte ausschließlich zwischen ZP 1 (Beginn; 0 Monate) und ZP 3 (6 Monate) mit einer durchschnittlichen Steigerung von 7,6% gefunden werden. Die anderen Zeitpunkte unterscheiden sich statistisch nicht signifikant voneinander ($p > 0,05$).

Durch die graphische Darstellung im Boxplot für den Parameter *PT Knieflexion 60°/s* wird die Verbesserung zwischen 0 und 6 Monaten (ZP1 + ZP3) ersichtlich.



***... Zeiteffekt ZP1 - ZP3 $p=0,003$

Abb. 10: Boxplot PT Knieflexion bei 60°/s

Bei der Variable PT Knieflexion bei 60°/s wurde der einzige statistisch signifikante Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Zeit mit $p=0,027$ ermittelt. Das maximale Drehmoment

der Knieflexion stieg bei der Gruppe KT zwischen ZP1 und ZP3 um 18,67% und bei der Gruppe KTS um 10,67%, ebenfalls zwischen ZP1 und ZP3. Die KO-Gruppe hingegen verschlechtert sich im selben Zeitraum um 6,67%.

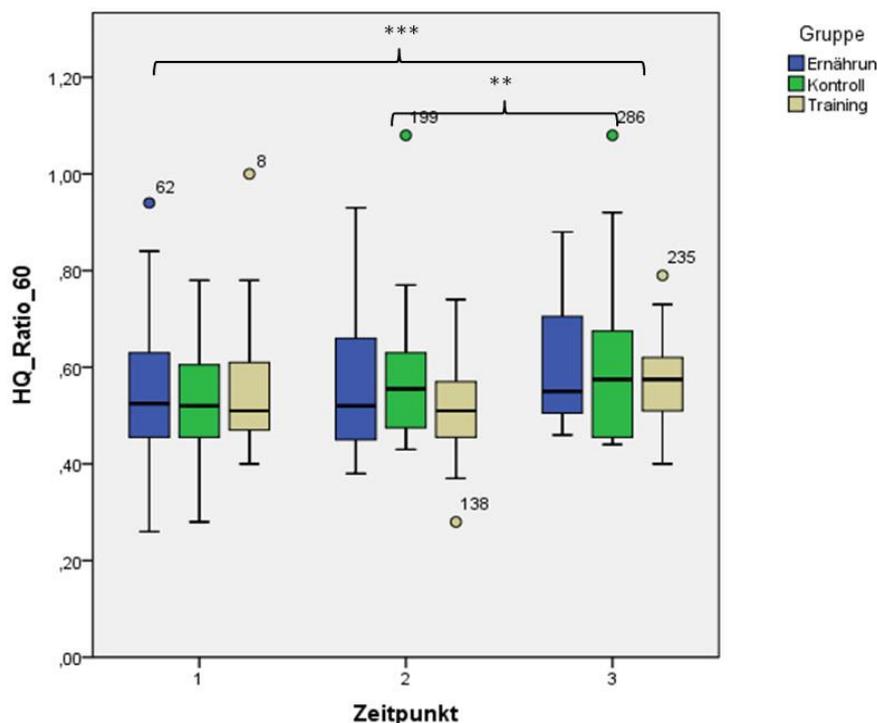
Ein weitere Zeiteffekt konnte bei *Ratio Ext/Flex 60°/s* mit $p < 0,001$ beobachtet werden. Es wurde eine genauere statistische Analyse mittels post-hoc durchgeführt:

Tabelle 7: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Ratio Extension/Flexion 60°/s

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
Ratio Ext/Flex 60°/s (1) - Ratio Ext/Flex 60°/s (2)	1,000
Ratio Ext/Flex 60°/s (2) - Ratio Ext/Flex 60°/s (3)	0,002
Ratio Ext/Flex 60°/s (1) - Ratio Ext/Flex 60°/s (3)	<0,001

(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post
Signifikante Werte sind fett markiert

Die Zeiteffekte beziehen sich auf die Zeitpunkte 2 und 3 (3 und 6 Monate) mit einer durchschnittlichen Steigerung von 7,2% sowie auf ZP1 und ZP3 (0 und 6 Monate) mit einer Steigerung von 10,08%. Durch den Boxplot in Abb.12 werden diese Zeiteffekte graphisch dargestellt.



... Zeiteffekt ZP2 - ZP3 $p=0,002$; *... Zeiteffekt ZP1 - ZP3 $p < 0,001$

Abb. 11: Boxplot Ratio Extension/Flexion 60°/s

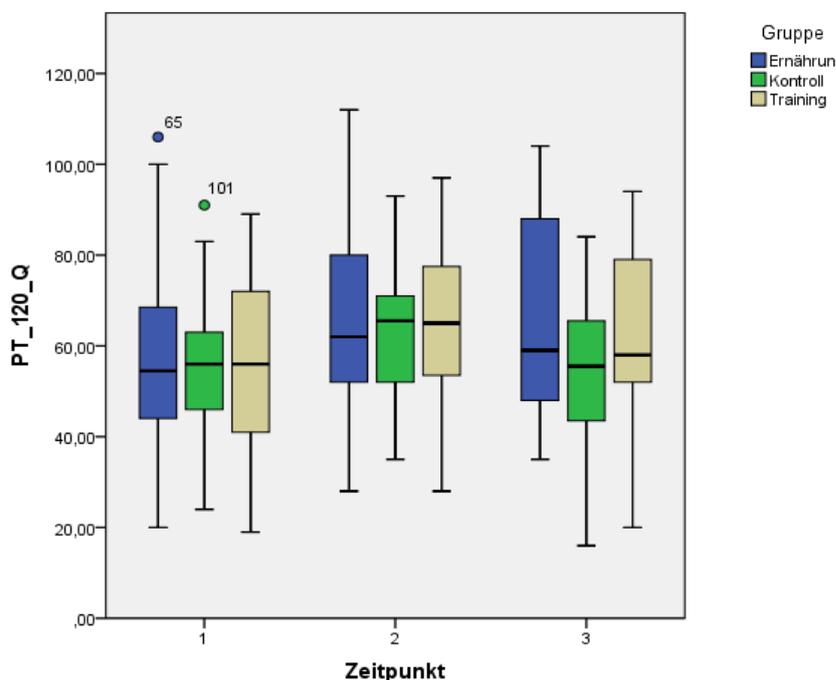
3.3.2 Isokinetische Drehmomentmessung – Knieextension & -flexion bei 120°/s

Es gibt signifikante Zeiteffekte bei den Variablen *PT Knieextension* sowie *Knieflexion bei 120°/s* ($p < 0,001$); signifikante Interaktions- und Gruppeneffekte konnten nicht ermittelt werden ($p > 0,05$). Auch bei der Variable *Ratio Ext/Flex 120°/s* gibt es keine statistisch signifikante Effekte ($p > 0,05$).

Tabelle 8: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) - PT Knieextension 120°/s

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
PT Knieextension 120°/s (1) - PT Knieextension 120°/s (2)	<0,001
PT Knieextension 120°/s (2) - PT Knieextension 120°/s (3)	0,004
PT Knieextension 120°/s (1) - PT Knieextension 120°/s (3)	0,040
(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post <i>Signifikante Werte sind fett markiert</i>	

Es gibt zwischen allen drei Zeitpunkten einen signifikanten Zeiteffekt ($p < 0,05$), die im Boxplot graphisch dargestellt werden:



*...ZP1-ZP2 $p < 0,001$; **...ZP2-ZP3 $p = 0,004$; ZP1-ZP3 $p = 0,040$

Abb. 12: Boxplot PT Knieextension 120°/s

In der Abbildung ist gut zu erkennen, dass von ZP1 auf ZP2 der höchste Anstieg mit +15,85% erreicht wurde und die Werte nach 6 Monaten (von ZP2 auf ZP3) wieder um 10,22% gesunken sind ($p < 0,05$). Die Verbesserung zwischen ZP1 und ZP3 (0 und 6 Monate) fällt mit 3,93% geringer aus ($p < 0,05$) als jene zwischen den ersten 0 und 3 Monaten.

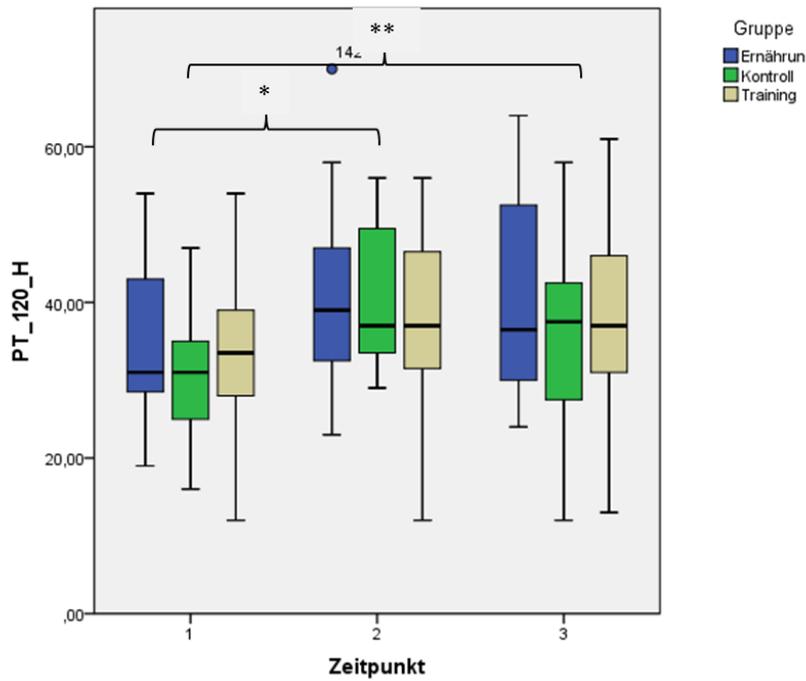
Bei der Variable *PT Knieflexion 120°/s* konnte zwischen 0 und 3 Monaten sowie zwischen 0 und 6 Monaten eine Signifikanz im Zeitverlauf ermittelt werden ($p < 0,05$). Zwischen 3 und 6 Monaten ist kein signifikanter Unterschied zu erkennen ($p > 0,05$).

Tabelle 9: Post-hoc Analyse des Zeitlaufs der PT Knieflexion 120°/s

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
PT Knieflexion 120°/s (1) - PT Knieflexion 120°/s (2)	<0,001
PT Knieflexion 120°/s (2) - PT Knieflexion 120°/s (3)	0,327
PT Knieflexion 120°/s (1) - PT Knieflexion 120°/s (3)	<0,001
(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post Signifikante Werte sind fett markiert	

Der folgende Boxplot (Abb. 13) verdeutlicht die Steigerung der Gesamtgruppe zwischen 0 und 3 Monaten (ZP1 auf ZP2), die im Durchschnitt 17,53% ausmacht. Zwischen 0 und 6 Monaten (ZP1 auf ZP3) beträgt die Differenz nur mehr 15,29%, somit liegt der Peak genauso wie bei der Variable *PT Knieextension 120°/s* im zweiten Zeitpunkt.

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen



*...ZP1-ZP2 $p < 0,001$; **...ZP1-ZP3 $p < 0,001$

Abb. 13: Boxplot PT Knieflexion 120°/s

Die Variable *Ratio Extension/Flexion 120°/s* ist statistisch nicht signifikant. Es konnten weder Zeit-, Gruppen oder Interaktionseffekte ermittelt werden ($p > 0,05$).

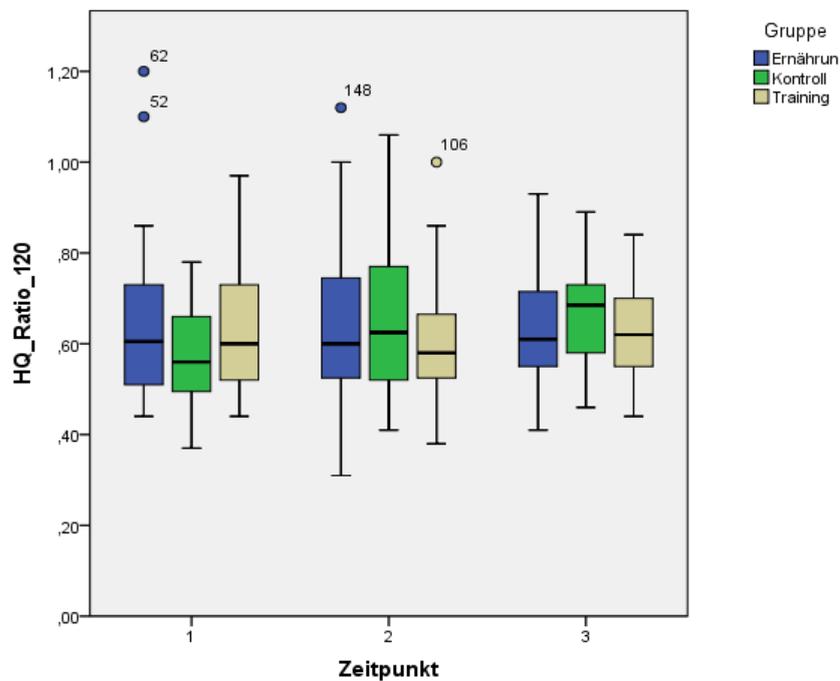


Abb. 14: Boxplot Ratio Extension/Flexion 120°/s

3.3.3 Isometrische Handgriffkraft (*handgrip strength*)

Die Messungen der Handgriffkraft [kg], sowohl rechts- als auch linkshändig, weisen jeweils einen Gruppeneffekt auf (rechts $p=0,006$; links $p=0,015$). Signifikante Zeiteffekte (rechts $p=0,774$; links $p=0,698$) oder Interaktionseffekte (rechts $p=0,082$; links $p=0,198$) konnten nicht ermittelt werden.

Aufgrund der signifikanten Gruppeneffekte bei den Handgrip-Werten, werden diese genauer analysiert:

Tabelle 10: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – Handgrip rechts

Gruppe		Signifikanz
KT	KTS	1,000
	KO	0,006
KTS	KT	1,000
	KO	0,053
KO	KT	0,006
	KTS	0,053

KT...Krafttraining; KTS...Krafttraining + Supplement; KO...Kognitionstraining
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Der Gruppeneffekt besteht beim Parameter *Handgrip rechts* lediglich zwischen der KT-Gruppe und der KO-Gruppe ($p=0,006$). Zwischen den anderen Gruppen (KT+KTS; KTS+KO) besteht kein signifikanter Unterschied ($p>0,05$).

Der folgende Boxplot verdeutlicht den Gruppenunterschied unabhängig der Zeitpunkte. Die Trainingsgruppe weist bei der Handgriffkraft mit durchschnittlich 19,3 kg höhere Werte an als die KO-Gruppe mit ca. 15,1 kg, was eine Differenz von 22,08% ausmacht. Ähnlich verhält sich die KTS-Gruppe, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

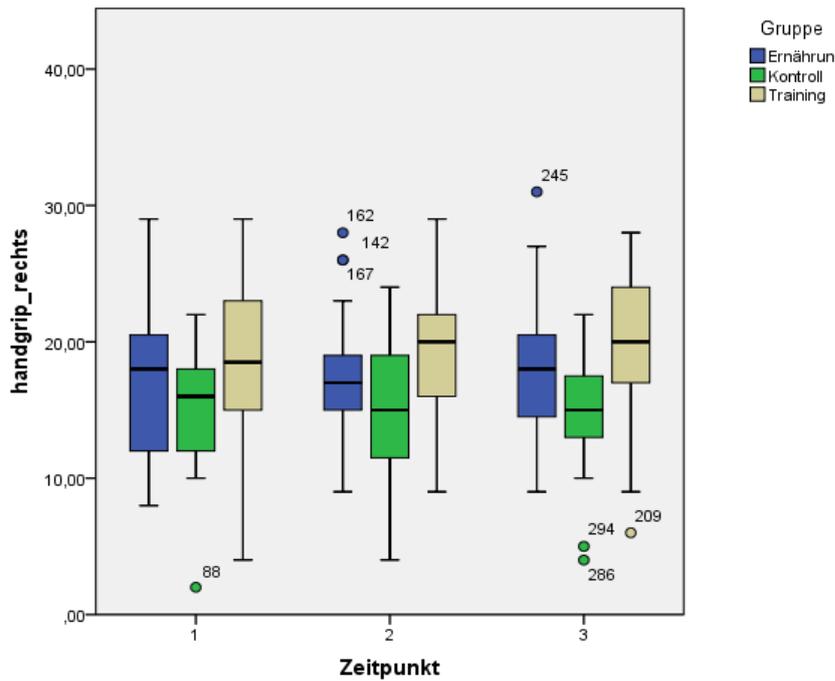


Abb. 15: Boxplot Handgriffkraft (*handgrip*) rechts

Tabelle 11: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – *Handgrip links*

Gruppe		Signifikanz
KT	KTS	1,000
	KO	0,024
KTS	KT	1,000
	KO	0,045
KO	KT	0,024
	KTS	0,045

KT...Krafttraining; KTS...Krafttraining + Supplement; KO...Kognitionstraining
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Bei der Variable *Handgrip links* gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen der KT-Gruppe und der KO-Gruppe mit $p=0,024$ sowie zwischen der KTS-Gruppe und der KO-Gruppe mit $p=0,045$. Zwischen den Gruppen KT und KTS besteht keine Signifikanz ($p>0,05$).

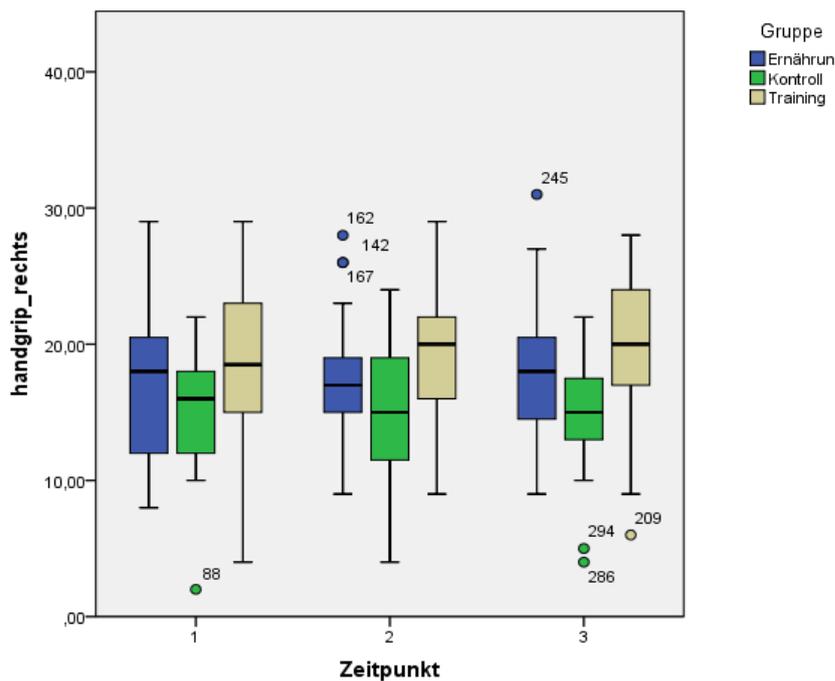


Abb. 16: Boxplot Handgriffkraft (*handgrip*) links

Der Boxplot verdeutlicht die Gruppenunterschiede unabhängig des Zeitverlaufs. Die KT-Gruppe erbrachte mit durchschnittlich 19,1kg deutlich die beste Leistung, gefolgt von der KTS-Gruppe mit 16,7kg (-9,18% Differenz zu KT) und die KO-Gruppe mit der schwächsten Leistung mit etwa 15,1kg (-20,82%).

3.3.4 30-Sekunden-Aufstehetest (30s-chair-stand test)

Die Werte des 30Sek-Aufstehetests zeigen sowohl einen signifikanten Zeiteffekt ($p < 0,001$), als auch einen signifikanten Gruppeneffekt mit $p = 0,002$ auf. Signifikante Interaktionseffekte wurden nicht gefunden ($p = 0,173$).

Aufgrund des signifikanten Zeiteffekts werden diese Werte mittels *post-hoc* Analyse genauer untersucht:

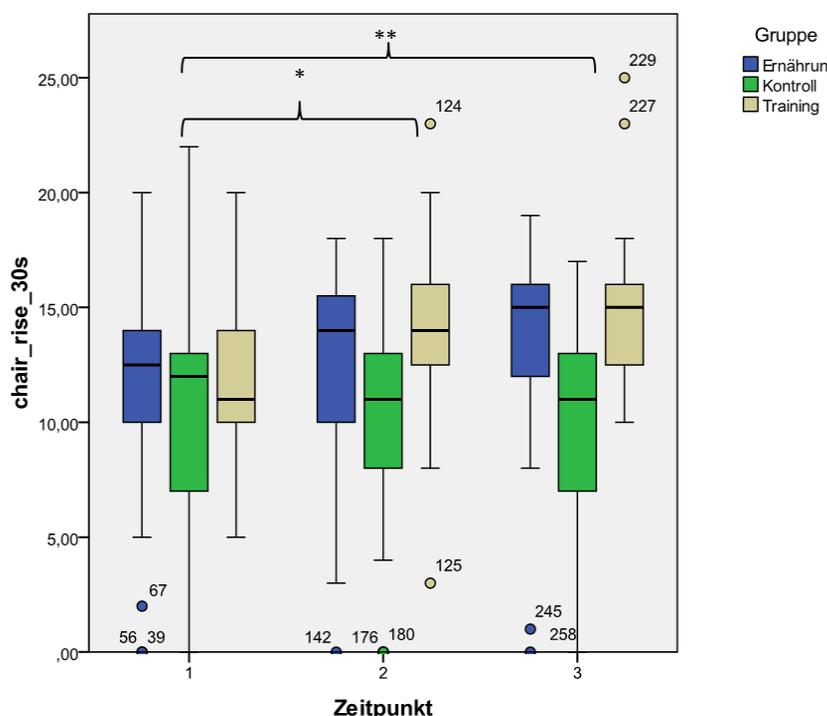
Tabelle 12: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) - 30Sek-Aufstehetest

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
30Sek-Aufstehetest (1) - 30Sek-Aufstehetest (2)	0,002
30Sek-Aufstehetest (2) - 30Sek-Aufstehetest (3)	1,000
30Sek-Aufstehetest (1) - 30Sek-Aufstehetest (3)	0,001

(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Bei Betrachtung der Gesamtgruppe (n=56) konnte eine signifikante Steigerung der WH-Anzahl zwischen 0 und 3 Monaten (p=0,002) sowie zwischen 0 und 6 Monaten (p=0,001) beobachtet werden. Zwischen ZP 2 und ZP 3 konnte keine signifikante Verbesserung erzielt werden (p>0,05), d.h. es gab keine weitere signifikante Zunahme der WH-Anzahl zwischen 3 und 6 Monaten.

Die graphische Darstellung mit Hilfe des Boxplots verdeutlicht die Steigerung der WH-Anzahl zwischen 0 und 3 Monaten (ZP 1 und ZP 2), die im Mittel 11,78% ausmacht sowie zwischen 0 und 6 Monaten (ZP 1 und ZP 3) mit durchschnittlich 15,87%. Trotz fehlenden signifikanten Interaktionseffekt beziehen sich die Verbesserungen v.a. auf die beiden Trainingsgruppen KT und KTS.



*... Zeiteffekt ZP1 - ZP2; p=0,002; ** ... Zeiteffekt ZP1 - ZP3; p=0,001

Abb. 17: Boxplot 30Sek-Aufstehetest

Aufgrund des signifikanten Gruppeneffektes werden die Ergebnisse genauer statistisch analysiert:

Tabelle 13: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) - 30Sek-Aufstehetest

Gruppe		Signifikanz
KT	KTS	1,000
	KO	0,003
KTS	KT	1,000
	KO	0,011
KO	KT	0,003
	KTS	0,011

KT...Krafttraining; KTS...Krafttraining + Supplement; KO...Kognitionstraining
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Ein signifikanter Unterschied ist bei den Gruppen KT und KTS verglichen zur KO-Gruppe ($p < 0,05$) zu finden. Im Boxplot wird ersichtlich, dass die KO-Gruppe (10,9WH) eine geringere WH-Anzahl unabhängig der Zeitpunkte erreicht als die anderen Gruppen (KT=13,6WH; KTS=13,7WH), was eine Differenz von etwa 20% ausmacht. Die Gruppen KT und KTS unterscheiden sich statistisch nicht signifikant voneinander ($p > 0,05$).

Zwischen den drei Gruppen gibt es keinen signifikanten Unterschied der Veränderung der WH-Anzahl im Zeitverlauf (Interaktion $p = 0,173$). Die Interaktion zwischen Gruppe und Zeit scheint daher keinen Einfluss auf die Variable *30Sek-Aufstehetest* zu haben.

3.3.5 Functional-Reach Test

Die Ergebnisse des *Functional-Reach Tests [cm]* weisen einen signifikanten Gruppeneffekt mit $p = 0,019$ auf. Es konnten aber keine weitere signifikante Zeit- bzw. Interaktionseffekte analysiert werden.

Folgend werden die Gruppeneffekte mittels post-hoc Analyse genauer ermittelt:

Tabelle 14: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – Functional-Reach-Test

Gruppe		Signifikanz
KT	KTS	1,000
	KO	0,026
KTS	KT	1,000
	KO	0,063
KO	KT	0,026
	KTS	0,063

KT...Krafttraining; KTS...Krafttraining + Supplement; KO...Kognitionstraining
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Lediglich zwischen der Gruppe *Krafttraining* und der Gruppe *Kognitionstraining* besteht ein signifikanter Unterschied mit $p=0,026$; zwischen den anderen Gruppen konnte statistisch kein Unterschied nachgewiesen werden ($p>0,05$).

Im Mittel erreichte die KT-Gruppe 31,79cm, die KTS-Gruppe 30,97cm und die KO-Gruppe nur durchschnittlich 25,92cm, wobei der Unterschied zwischen KT und KO 18,46% ausmacht. Durch die graphische Darstellung mit Hilfe des Boxplots wird der Gruppenunterschied gut ersichtlich und kann man sehen, dass die KO-Gruppe in allen Zeitpunkten eine deutlich schlechtere Leistung erbrachte.

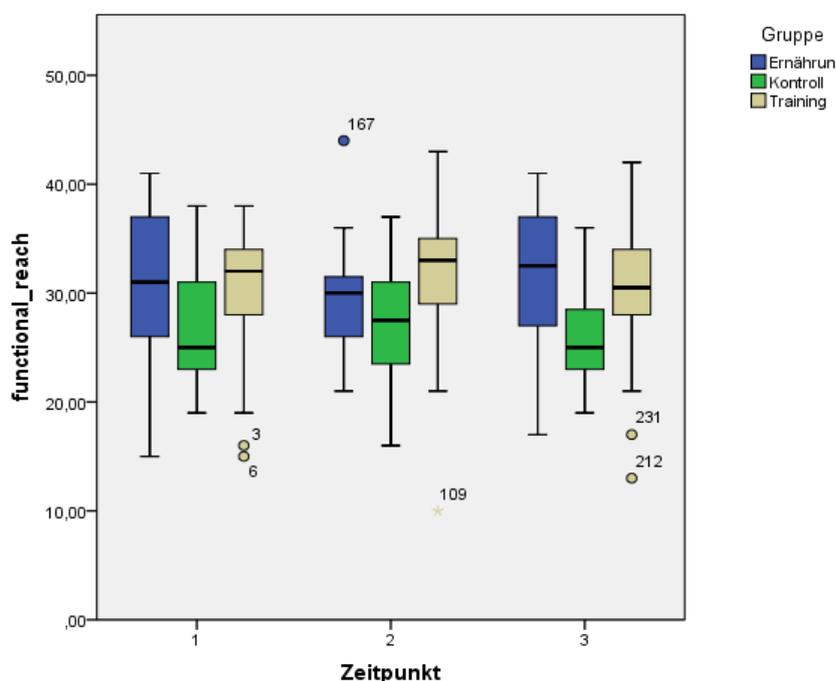


Abb. 18: Boxplot *Functional-Reach Test*

3.3.6 Armhebetest (*arm-lifting test*)

Signifikante Zeiteffekte sind beim *Armhebe-Test [WH]* sowohl mit dem leichten Gewicht (*leicht* 1,5 kg) als auch mit dem schweren Gewicht (*schwer* 2 kg), jeweils mit $p < 0,001$ zu beobachten. Ein signifikanter Gruppenunterschied (*leicht* $p = 0,064$; *schwer* $p = 0,601$) oder ein signifikanter Interaktionseffekt (*leicht* $p = 0,444$; *schwer* $p = 0,283$) wurde nicht nachgewiesen.

Mittels Post-hoc werden die Zeitpunkte genauer analysiert:

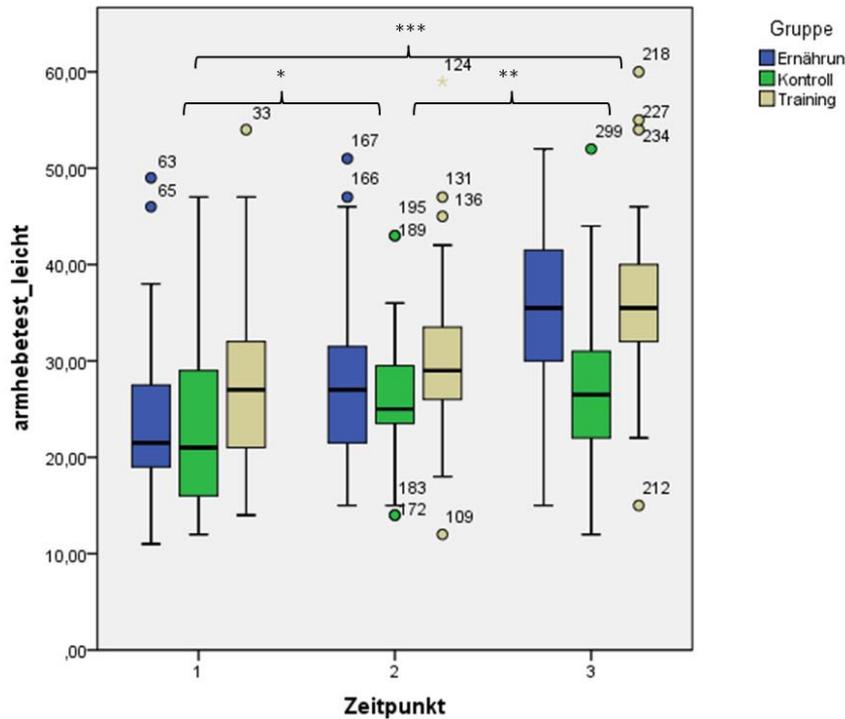
Tabelle 15: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Armhebetest leicht

<i>Paar zum Zeitpunkt (t)</i>	Signifikanz
Armhebetest leicht (1) – Armhebetest leicht (2)	<0,001
Armhebetest leicht (2) - Armhebetest leicht (3)	<0,001
Armhebetest leicht (1) - Armhebetest leicht (3)	<0,001
(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post <i>Signifikante Werte sind fett markiert</i>	

Es gibt zwischen allen drei Zeitpunkten (0, 3 und 6 Monate) signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). Zwischen ZP1 und ZP2 konnte eine Steigerung der WH-Anzahl von durchschnittlich 17,50%, zwischen ZP2 und ZP3 eine mittlere Steigerung von 18,85% sowie eine Verbesserung im gesamten Zeitverlauf zwischen 0 und 6 Monaten (ZP und ZP3) von durchschnittlich 39,67% beobachtet werden.

In der folgenden Abbildung des Boxplots werden diese Zeiteffekte ersichtlich:

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen



*... Zeiteffekt ZP1 - ZP2 $p < 0,001$; **... Zeiteffekt ZP2 - ZP3 $p < 0,001$; ***...Zeiteffekt ZP1-ZP3 $p < 0,001$

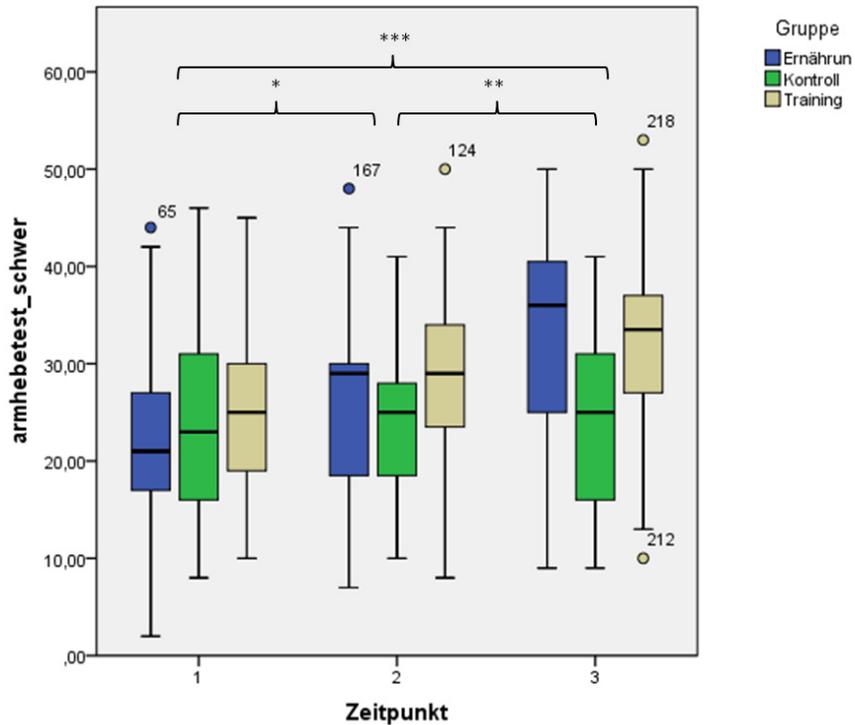
Abb. 19: Boxplot Armhebetest leicht

Bei der Variable *Armhebetest schwer* gibt es ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen allen drei Zeitpunkten ($p < 0,05$).

Tabelle 16: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Armhebetest schwer

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
Armhebetest schwer (1) – Armhebetest schwer (2)	0,007
Armhebetest schwer (2) - Armhebetest schwer (3)	0,010
Armhebetest schwer (1) - Armhebetest schwer (3)	<0,001
(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post Signifikante Werte sind fett markiert	

Die mittlere Steigerung der WH-Anzahl verhält sich ähnlich wie beim *Armhebetest leicht*. Zwischen ZP 1 und ZP2 verbesserten sich die Probandinnen um durchschnittlich 19,78%, zwischen ZP 2 und ZP3 um 14,87% und im gesamten Zeitverlauf zwischen ZP 1 und ZP3 um 38,57%.



*... Zeiteffekt ZP1 - ZP2 $p=0,007$; **... Zeiteffekt ZP2 - ZP3 $p=0,010$;
***... Zeiteffekt ZP1-ZP3 $p<0,001$

Abb. 20: Boxplot Armhebetest schwer

3.3.7 Geh-/Schrittgeschwindigkeit (gait speed)

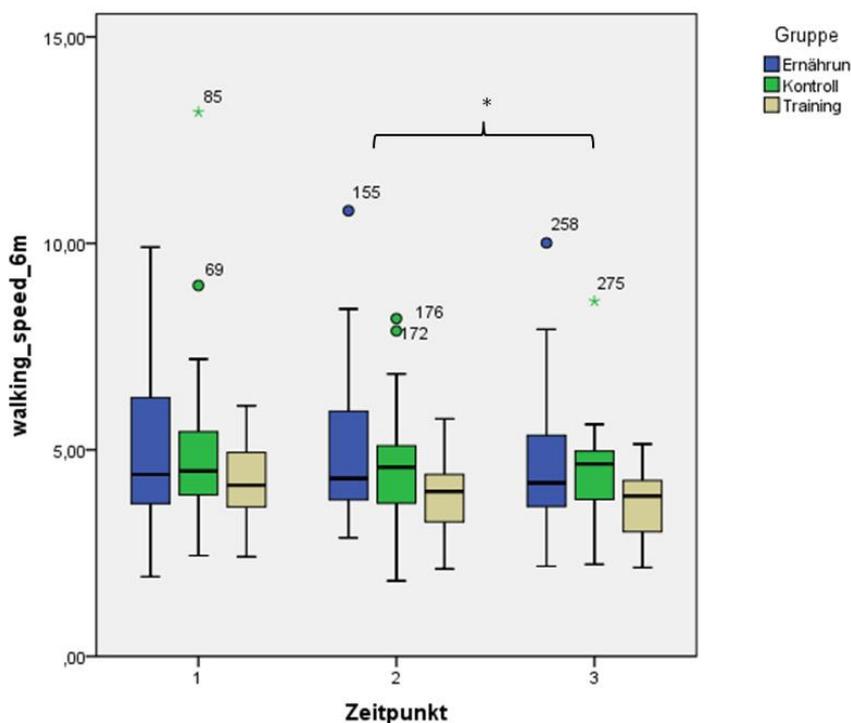
Die Messung der Gehgeschwindigkeit (gait speed [sek]) ergibt einen signifikanten Zeitunterschied mit $p=0,019$, jedoch gibt es keine weiteren statistisch signifikante Ergebnisse (Gruppe $p=0,072$; Interaktion $p=0,115$).

Tabelle 17: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Geh-/Schrittgeschwindigkeit

Paar zum Zeitpunkt (t)	Signifikanz
gait speed (1) – gait speed (2)	1,000
gait speed (2) – gait speed (3)	0,002
gait speed (1) – gait speed (3)	0,279

(1)...Beginn; (2)...3 Monate post; (3)...6 Monate post
*Signifikante Werte sind **fett** markiert*

Die Signifikanz im Zeitunterschied besteht lediglich zwischen ZP2 und ZP3 (3 und 6 Monate) mit einer mittleren Differenz von -1,83%. Zwischen den anderen Zeitpunkten besteht statistisch kein signifikanter Unterschied ($p>0,05$). Tendenziell besteht zwischen ZP1 und ZP3 eine Verbesserung von 2,64%, jedoch ohne statistischer Signifikanz ($p>0,05$).



*... Zeiteffekt ZP2 - ZP3 $p=0,002$

Abb. 21: Boxplot Geh-/Schrittgeschwindigkeit

3.3.8 6-Min-Gehtest (6-min-walking test)

Bei der Variable 6-Min-walking Test konnten weder signifikante Zeit-, Gruppen- sowie Interaktionseffekte ermittelt werden ($p > 0,05$).

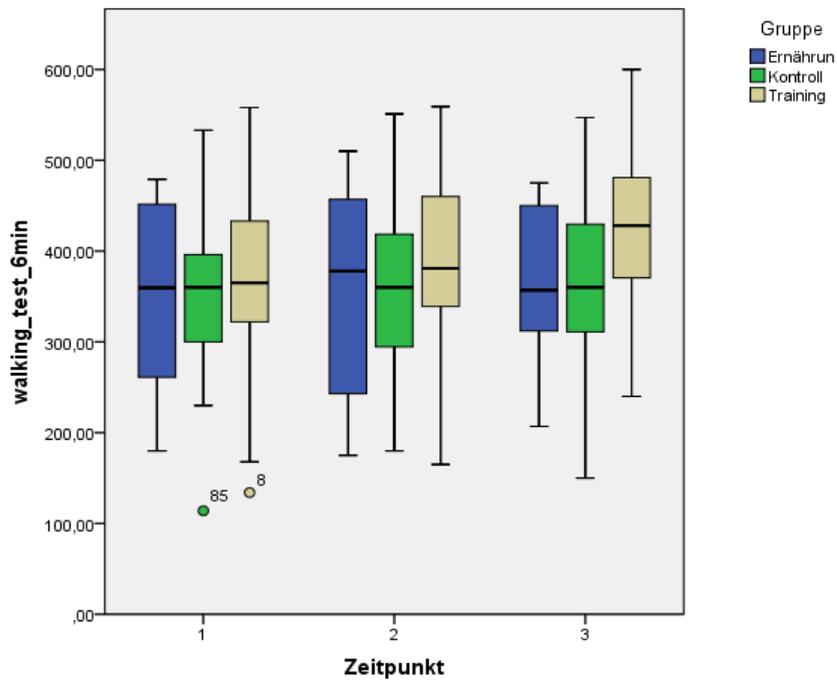


Abb. 22: Boxplot 6-Min-Gehtest

3.3.9 Korrelationen

Für die Auswertung der Korrelationen zwischen den untersuchten Parametern wurde aufgrund der nicht normalverteilten Variablen der Korrelationskoeffizient nach Spearman herangezogen. Mögliche Zusammenhänge wurden sowohl zum ersten Zeitpunkt (Studienbeginn) als auch im Zeitverlauf (ZP1 –ZP3) überprüft.

Wie in Tabelle 18 zu erkennen ist, konnte beim ZP1 ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und SPPB ($p=0,006$; $r=-0,271$) sowie zwischen Alter und MMST ($p=0,008$; $r=-0,260$) gefunden werden. Zu Studienbeginn korreliert das Alter außerdem mit den Variablen *PT Knieextension/-flexion bei 60°/s bzw. 120°/s* ($p<0,05$), mit der Handgriffkraft (*handgrip*) links ($p<0,001$; $r=-0,428$) und *Handgrip rechts* ($p<0,001$; $r=-0,496$) sowie mit dem *6MWT* ($p<0,001$; $r=-0,365$).

Die Variable *SPPB* weist signifikante Zusammenhänge mit dem *Functional Reach Test* ($p<0,001$; $r=0,386$), *PT Knieflexion bei 60°/s* ($p=0,020$; $r=0,259$), *PT Knieextension* ($p=0,015$; $r=0,269$) und *-Flexion* ($p=0,322$; $r=0,003$) bei jeweils 120°/s, *gait speed* ($p<0,001$; $r=-0,577$), *Aufstehtest* ($p<0,001$; $r=0,589$) und mit dem *6MWT* ($p<0,001$; $r=0,620$) auf (Tab.18). Die Variable *MMST* korreliert, wie bereits erwähnt, mit dem Alter und auch mit den Variablen *Handgrip links* ($p=0,011$; $r=0,281$) und *rechts* ($p=0,009$; $r=0,291$).

Zu beachten ist, dass alle funktionellen Parameter miteinander korrelieren ($p<0,05$), mit Ausnahme von *Aufstehtest* und *Handgrip links/rechts* ($p>0,05$). Zudem konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Variable *Ausgeschieden vor 6M* und dem *SPPB Score* ($p=0,011$; $r=-0,249$), mit *gait speed* ($p=0,008$; $r=0,282$) sowie dem *Aufstehtest* ($p=0,018$; $r=-0,252$) ermittelt werden (Tab. 18).

Im Gegensatz zum ZP1 konnten im Zeitverlauf keine signifikanten Korrelationen ($p>0,05$) zwischen Alter bzw. SPPB/MMST und der körperlichen Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden (siehe Tab. 19). Der Zusammenhang ($p<0,05$) zwischen Alter und SPPB bzw. MMST verhält sich ähnlich wie zum ZP1.

In Tabelle 19 korreliert die Variable Δ *Aufstehtest (0-6)* signifikant mit *Handgrip rechts* ($p=0,013$; $r=0,315$), *Handgrip links* ($p=0,034$; $r=0,270$), *gait speed* ($p=0,003$; $r=-0,369$) sowie *Gruppe* ($p=0,014$; $r=-0,304$). Zudem wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Variable *gait speed* und Δ *PT60H* ($r=-0,258$) sowie mit Δ *PT120H* ($r=-0,256$) aufgedeckt ($p<0,05$). Die Handkraft hingegen steht in einem positiven Zusammenhang mit Δ *PT60Q* (links $r=0,270$; rechts $r=0,412$), Δ *PT120Q* (rechts $r=0,292$) und, wie bereits erwähnt, mit Δ *Aufstehtest* (links $r=0,270$; rechts $r=0,315$).

Tabelle 18: Korrelationen Studienbeginn (ZP1)

	Ausgeschieden vor 6M	Alter ZP1	SPPB Score	Anwesenheit 0-6 M	MMST	Functional reach	PT Knie-extension 60°/s	PT Knieflexion 60°/s	PT Knie-extension 120°/s	PT Knieflexion 120°/s	Handgrip links	Handgrip rechts	Gait speed	Aufstehetest	6MWT
Ausgeschieden vor 6M	r=1,000 p=0,188	r=0,131 p=0,188	r=-0,249 p=0,011	r=-0,539 p<0,001	r=-0,041 p=0,679	r=0,012 p=0,918	r=-0,101 p=0,370	r=-0,111 p=0,324	r=-0,138 p=0,219	r=-0,102 p=0,365	r=-0,182 p=0,103	r=-0,127 p=0,262	r=0,282 p=0,008	r=-0,252 p=0,018	r=-0,199 p=0,063
Alter ZP1	r=0,131 p=0,188	r=1,000	r=-0,271 p=0,006	r=-0,024 p=0,830	r=-0,260 p=0,008	r=-0,115 p=0,308	r=-0,382 p<0,001	r=-0,447 p<0,001	r=-0,309 p=0,005	r=-0,434 p<0,001	r=-0,428 p<0,001	r=-0,496 p<0,001	r=0,196 p=0,068	r=-0,080 p=0,459	r=-0,365 p<0,001
SPPB Score	r=-0,249 p=0,011	r=-0,271 p=0,006	r=1,000	r=0,108 p=0,326	r=0,020 p=0,838	r=0,386 p<0,001	r=0,172 p=0,124	r=0,259 p=0,020	r=0,269 p=0,015	r=0,322 p=0,003	r=0,155 p=0,167	r=0,144 p=0,201	r=-0,577 p<0,001	r=0,589 p<0,001	r=0,620 p<0,001
Anwesenheit 0-6 M	r=-0,539 p<0,001	r=-0,024 p=0,830	r=0,108 p=0,326	r=1,000	r=0,024 p=0,826	r=0,017 p=0,881	r=0,140 p=0,211	r=0,047 p=0,512	r=0,131 p=0,244	r=0,089 p=0,430	r=0,138 p=0,218	r=0,144 p=0,203	r=-0,188 p=0,086	r=0,274 p=0,012	r=0,143 p=0,195
MMST	r=-0,041 p=0,679	r=-0,260 p=0,008	r=0,020 p=0,838	r=0,024 p=0,826	r=1,000	r=0,156 p=0,164	r=0,150 p=0,181	r=0,096 p=0,396	r=0,026 p=0,815	r=0,065 p=0,563	r=0,281 p=0,011	r=0,291 p=0,009	r=-0,051 p=0,641	r=-0,035 p=0,746	r=0,080 p=0,459
Functional reach	r=0,012 p=0,918	r=-0,115 p=0,308	r=0,386 p<0,001	r=0,017 p=0,881	r=0,156 p=0,164	r=1,000	r=0,183 p=0,102	r=0,295 p=0,008	r=0,255 p=0,021	r=0,404 p<0,001	r=0,311 p=0,005	r=0,234 p=0,037	r=-0,539 p<0,001	r=0,380 p<0,001	r=0,471 p<0,001
PT Knie-extension 60°/s	r=-0,101 p=0,370	r=-0,382 p<0,001	r=0,172 p=0,124	r=0,140 p=0,211	r=0,150 p=0,181	r=0,183 p=0,102	r=1,000	r=0,743 p<0,001	r=0,866 p<0,001	r=0,668 p<0,001	r=0,452 p<0,001	r=0,531 p<0,001	r=-0,335 p=0,002	r=0,356 p=0,001	r=0,361 p=0,001
PT Knieflexion 60°/s	r=-0,111 p=0,324	r=-0,447 p<0,001	r=0,259 p=0,020	r=0,047 p=0,512	r=0,096 p=0,396	r=0,295 p=0,008	r=0,743 p<0,001	r=1,000	r=0,695 p<0,001	r=0,913 p<0,001	r=0,468 p<0,001	r=0,492 p<0,001	r=-0,419 p<0,001	r=0,390 p<0,001	r=0,517 p<0,001
PT Knie-extension 120°/s	r=-0,138 p=0,219	r=-0,309 p=0,005	r=0,269 p=0,015	r=0,131 p=0,244	r=0,026 p=0,815	r=0,255 p=0,021	r=0,866 p<0,001	r=0,695 p<0,001	r=1,000	r=0,719 p<0,001	r=0,378 p<0,001	r=0,437 p<0,001	r=-0,423 p<0,001	r=0,388 p<0,001	r=0,400 p<0,001
PT Knieflexion 120°/s	r=-0,102 p=0,365	r=-0,434 p<0,001	r=0,322 p=0,003	r=0,089 p=0,430	r=0,065 p=0,563	r=0,404 p<0,001	r=0,668 p<0,001	r=0,913 p<0,001	r=0,719 p<0,001	r=1,000	r=0,469 p<0,001	r=0,478 p<0,001	r=-0,472 p<0,001	r=0,439 p<0,001	r=0,551 p<0,001
Handgrip links	r=-0,182 p=0,103	r=-0,428 p<0,001	r=0,155 p=0,167	r=0,138 p=0,218	r=0,281 p=0,011	r=0,311 p=0,005	r=0,452 p<0,001	r=0,468 p<0,001	r=0,378 p<0,001	r=0,469 p<0,001	r=1,000	r=0,791 p<0,001	r=-0,351 p=0,001	r=0,173 p=0,122	r=0,276 p=0,013
Handgrip rechts	r=-0,127 p=0,262	r=-0,496 p<0,001	r=0,144 p=0,201	r=0,144 p=0,203	r=0,291 p=0,009	r=0,234 p=0,037	r=0,531 p<0,001	r=0,492 p<0,001	r=0,437 p<0,001	r=0,478 p<0,001	r=0,791 p<0,001	r=1,000	r=-0,246 p=0,028	r=0,159 p=0,159	r=0,276 p=0,013
Gait speed	r=0,282	r=0,196	r=-0,577	r=-0,188	r=-0,051	r=-0,539	r=-0,335	r=-0,419	r=-0,423	r=-0,472	r=-0,351	r=-0,246	r=1,000	r=-0,574	r=-0,754

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

	p=0,008	p=0,068	p<0,001	p=0,086	p=0,641	p<0,001	p=0,002	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,028		p<0,001	p<0,001
Aufsteh- test	r=-0,252	r=-0,080	r=0,589	r=0,274	r=-0,035	r=0,380	r=0,356	r=0,390	r=0,388	r=0,439	r=0,173	r=0,159	r=-0,574	r=1,000	r=0,590
	p=0,018	p=0,459	p<0,001	p=0,012	p=0,746	p<0,001	p=0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,122	p=0,159	p<0,001		p<0,001
6MWT	r=-0,199	r=-0,365	r=0,620	r=0,143	r=0,080	r=0,471	r=0,361	r=0,517	r=0,400	r=0,551	r=0,276	r=0,276	r=-0,754	r=0,590	r=1,000
	p=0,063	p<0,001	p<0,001	p=0,195	p=0,459	p<0,001	p=0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p=0,013	p=0,013	p<0,001	p<0,001	

Die Daten wurden mittels Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (*Spearman Rho*) berechnet.

SPPB...Short Physical Performance Battery; MMST...Mini Mental State Test; Δ...Differenz zw. 0 und 6 Monaten; PT...Peak Torque; Q...Quadrizeps; H...Hamstrings
Signifikante Werte sind fett markiert

Tabelle 19: Korrelationen der untersuchten Parameter im Zeitverlauf (ZP1 – ZP3)

	Aus- geschieden vor 6M	Alter	SPPB Score	MMST	Δ Aufsteh- test 0_6	Δ Handgrip links 0_6	Δ Handgrip rechts 0_6	Δ gait speed 0_6	Δ PT 60Q 0_6	Δ PT 60H 0_6	Gruppe	Δ PT 120H 0_6	Δ PT 120Q 0_6
Ausgeschieden vor 6M	r=1,000	r=0,131 p=0,188	r=-0,249 p=0,011	r=-0,041 p=0,679							r=0,066 p=0,509		
Alter	r=0,131 p=0,188	r=1,000	r=-0,271 p=0,006	r=-0,260 p=0,008	r=-0,176 p=0,161	r=0,140 p=0,261	r=-0,027 p=0,828	r=0,210 p=0,094	r=-0,157 p=0,208	r=-0,176 p=0,158	r=0,023 p=0,815	r=-0,143 p=0,252	r=-0,225 p=0,069
SPPB Score	r=-0,249 p=0,011	r=-0,271 p=0,006	r=1,000	r=0,020 p=0,838	r=-0,036 p=0,779	r=0,047 p=0,706	r=0,045 p=0,721	r=0,065 p=0,607	r=-0,047 p=0,710	r=-0,005 p=0,968	r=-0,104 p=0,294	r=-0,024 p=0,846	r=-0,103 p=0,412
MMST	r=-0,041 p=0,679	r=-0,260 p=0,008	r=0,020 p=0,838	r=1,000	r=0,026 p=0,840	r=0,132 p=0,290	r=-0,051 p=0,685	r=0,082 p=0,516	r=-0,229 p=0,065	r=-0,141 p=0,260	r=0,177 p=0,073	r=-0,051 p=0,684	r=0,064 p=0,609
Δ Aufsteh- test 0_6		r=-0,176 p=0,161	r=-0,036 p=0,779	r=0,026 p=0,840	r=1,000	r=0,270 p=0,034	r=0,315 p=0,013	r=-0,369 p=0,003	r=0,227 p=0,076	r=-0,141 p=0,260	r=-0,304 p=0,014	r=0,169 p=0,128	r=0,162 p=0,208
Δ Handgrip links 0_6		r=0,140 p=0,261	r=0,047 p=0,706	r=0,132 p=0,290	r=0,270 p=0,034	r=1,000	r=0,411 p=0,001	r=-0,152 p=0,238	r=0,270 p=0,028	r=0,161 p=0,195	r=-0,073 p=0,561	r=0,183 p=0,142	r=0,194 p=0,119
Δ Handgrip rechts0_6		r=-0,027	r=0,045	r=-0,051	r=0,315	r=0,411	r=1,000	r=-0,206	r=0,412	r=0,210	r=-0,150	r=0,042	r=0,292

Effekte eines progressiven Krafttrainings und einer Ernährungsintervention auf die körperliche Leistungsfähigkeit von institutionalisierten älteren Frauen

		p=0,828	p=0,721	p=0,685	p=0,013	p=0,001		p=0,111	p=0,001	p=0,090	p=0,233	p=0,741	p=0,018
Δ gaitspeed 0_6		r=0,210 p=0,094	r=0,065 p=0,607	r=0,082 p=0,516	r=-0,369 p=0,003	r=-0,152 p=0,238	r=-0,206 p=0,111	r=1,000	r=-0,143 p=0,269	r=-0,258 p=0,043	r=-0,151 p=0,230	r=-0,256 p=0,045	r=-0,223 p=0,082
Δ_PT60Q_0_6		r=-0,157 p=0,208	r=-0,047 p=0,710	r=-0,229 p=0,065	r=0,227 p=0,076	r=0,270 p=0,028	r=0,412 p=0,001	r=-0,143 p=0,269	r=1,000	r=0,579 p<0,001	r=-0,249 p=0,044	r=0,413 p=0,001	r=0,647 p<0,001
Δ_PT60H_0_6		r=-0,176 p=0,158	r=-0,005 p=0,968	r=-0,141 p=0,260	r=-0,141 p=0,260	r=0,161 p=0,195	r=0,210 p=0,090	r=-0,258 p=0,043	r=0,579 p<0,001	r=1,000	r=-0,219 p=0,077	r=0,728 p<0,001	r=0,527 p<0,001
Gruppe	r=0,066 p=0,509	r=0,023 p=0,815	r=-0,104 p=0,294	r=0,177 p=0,073	r=-0,304 p=0,014	r=-0,073 p=0,561	r=-0,150 p=0,233	r=-0,151 p=0,230	r=-0,249 p=0,044	r=-0,219 p=0,077	r=1,000	r=0,002 p=0,990	r=-0,133 p=0,286
Δ_PT120H_0_6		r=-0,143 p=0,252	r=-0,024 p=0,846	r=-0,051 p=0,684	r=0,169 p=0,128	r=0,183 p=0,142	r=0,042 p=0,741	r=-0,256 p=0,045	r=0,413 p=0,001	r=0,728 p<0,001	r=0,002 p=0,990	r=1,000	r=0,601 p<0,001
Δ_PT120Q_0_6		r=-0,225 p=0,069	r=-0,103 p=0,412	r=0,064 p=0,609	r=0,162 p=0,208	r=0,194 p=0,119	r=0,292 p=0,018	r=-0,223 p=0,082	r=0,647 p<0,001	r=0,527 p<0,001	r=-0,133 p=0,286	r=0,601 p<0,001	r=1,000

Die Daten wurden mittels Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (*Spearman Rho*) berechnet.

SPPB...Short Physical Performance Battery; MMST...Mini Mental State Test; Δ...Differenz zw. 0 und 6 Monaten; PT...Peak Torque; Q...Quadrizeps; H...Hamstrings
Signifikante Werte sind **fett** markiert

4 Diskussion

Primäres Ziel der vorliegenden Interventionsstudie war es, die Auswirkungen von progressivem Krafttraining mit dem Thera-Band mit bzw. ohne der Verabreichung eines speziell für ältere Menschen entwickelten, kommerziell erhältlichen Proteinsupplements sowohl auf die muskuläre als auch auf die funktionelle Leistungsfähigkeit von Bewohnerinnen von Pensionistenwohnheimen zu untersuchen.

An der „Active Ageing“-Studie nahmen insgesamt 103 Probandinnen mit einem durchschnittlichen Alter von 82,54 (\pm 5,91) teil. Hier wird das hohe Durchschnittsalter von Bewohnerinnen in Wiener Kuratorien für Senioren widergespiegelt; tatsächlich wohnen mehr Frauen als Männer in Wiener Pensionistenwohnheimen. Die im Vergleich zu anderen Studien (Martins et al. 2013) relativ kleine Drop-out Rate liegt bei 30%. Die Drop-out Rate korreliert signifikant mit dem SPPB Score ($r=-0,249$), mit dem 30Sek-Aufstehetest ZP1 ($r=-0,252$) und mit der Ganggeschwindigkeit ZP1 ($r=0,282$), d.h. Studienaussteigerinnen schnitten bereits beim ersten Zeitpunkt schlechter bei den funktionellen Tests ab als Finisher ($p<0,05$). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit jenen aus der Studie von Oesen et al. (2015), bei der neben medizinischen Ausscheidungsgründen Unlust bzw. fehlendes Interesse zur Studienbeteiligung angegeben.

Die Basiswerte, wie Alter, MMST und SPPB weisen zu Beginn der Studie keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gruppen auf. Die anthropometrischen Kenngrößen der Probandinnen unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant voneinander (siehe Tab. 3). Die Trainingsanwesenheit aller Studienteilnehmerinnen liegt bei 69% \pm 11,9% und ist bei allen drei Gruppen gleich hoch ($p>0,05$). Die Anwesenheit steht in einem negativen Zusammenhang mit dem 30Sek-Aufstehetest ($r=-0,539$; $p<0,001$), d.h. je höher die Anwesenheitsfrequenz desto höher ist die Wiederholungsanzahl.

Im Allgemeinen stellt das Thera-Band ein sicheres und geeignetes Trainingsmittel für institutionalisierte ältere Frauen dar. Es gab keine trainingsbedingten Verletzungen während der 6-monatigen Interventionsphase.

Im Vergleich zu den von der EWGSOP definierten Kriterien bezüglich einer umfassenden Sarkopenie Diagnose, gelten die Studienteilnehmerinnen aufgrund ihrer geringen Handgriffkraft als sarkopen [links: 17,1 kg \pm 5,6; rechts: 17,3 kg \pm 5,4 Untergrenze liegt für Frauen bei <20kg] (Cruz-Jentoft et al. 2010). Eine herabgesetzte Handgriffkraft wird als ein

Indiz für eingeschränkte Mobilität und geringe Muskelkraft der unteren Extremitäten beschrieben (Lauretani et al. 2003). Die Ganggeschwindigkeit über 6 Meter liegt im Mittel bei $4,5 \text{ Sek.} \pm 1,589$. Das untersuchte Kollektiv ist somit mit $1,3 \text{ m/s}$ schneller als der diagnostische Grenzwert von $<0,8 \text{ m/s}$, womit die Probandinnen, im Gegensatz zur Handgriffkraft, die Definitionskriterien für Sarkopenie nicht vollständig erfüllen. Anhand dieser Faktoren werden die Schwierigkeiten einer genauen und umfassenden Sarkopenie Diagnose gut ersichtlich.

Im Allgemeinen gibt es einen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$) zwischen Alter und SPPB sowie zwischen Alter und MMST. Zu Studienbeginn korreliert das Alter signifikant ($p < 0,05$) mit den Variablen *PT Knieextension/-flexion bei $60^\circ/\text{s}$ bzw. $120^\circ/\text{s}$, Handgrip* sowie mit dem *6MWT*, demzufolge hat das Alter einen negativen Einfluss sowohl auf die kognitive als auch physische Leistungsfähigkeit (je älter die Probandinnen, desto schlechter die Leistung).

PT Knieflexion/-Extension bei beiden Winkelgeschwindigkeiten zum ZP1 korreliert signifikant ($p < 0,05$) mit *Handgrip, Schrittgeschwindigkeit, Aufstehtest* und dem *6MWT*; diese Ergebnisse sind vergleichbar mit anderen Studien (Oesen et al. 2015; Skelton et al. 1994; Ostchega et al. 2004). Jedoch sind die Zusammenhänge im Zeitverlauf (ZP1-ZP3) nicht mehr so ausgeprägt wie zu ZP1: hier korreliert lediglich die Variable Δ_PT60H bzw. Δ_PT120H signifikant ($p < 0,05$) mit der Schrittgeschwindigkeit und Δ_PT60Q bzw. Δ_PT120Q mit der Handgriffkraft. Dies könnte auf die Wirkung einer gesteigerten Muskelkraft, jedoch ohne parallele Verbesserung der funktionellen Leistungsfähigkeit im selben Zeitraum, hindeuten.

Interaktionseffekte

Entgegen aller Erwartungen gab es lediglich einen signifikanten Interaktionseffekt bei der Variable *PT Knieflexion bei $60^\circ/\text{s}$* ($p = 0,027$). Im Gegensatz zur KO-Gruppe konnte zwischen ZP1 und ZP3 eine Verbesserung bei den Trainingsgruppen KT um 18,87% und bei KTS um 10,67% gefunden werden. Trotz der langen Trainingsintervention von 6 Monaten sind wahrscheinlich zu geringe Belastungsintensitäten und Trainingsumfänge sowie eine inadäquate Belastungssteigerung ausschlaggebend für die fehlenden Interaktionseffekte. Trotz des sehr eingegrenzten Kollektivs kommt als weiterer möglicher Erklärungsversuch eine hohe Standardabweichung hinzu.

Thera-Band

In der einschlägigen Literatur gibt es wenige Daten bezüglich des Trainings mit dem Thera-Band (n=12). Prinzipiell gilt es als ein geeignetes Trainingsmittel für die Verbesserung der Muskelkraft für gesunde, ältere Personen; u.a. auch für Ältere mit funktionellen Einschränkungen (Martins et al. 2013). Bereits nach einem 8-wöchigen Krafttrainingsprogramm mit elastischen Bändern kann eine Steigerung der Bein kraft von Älteren erreicht werden (Lubans et al. 2013); gleichermaßen kann sich sogar bei physisch eingeschränkten Älteren die funktionelle Leistungsfähigkeit nach 16 Wochen verbessern (Fahlman et al. 2011). In einem Review-Artikel von Martins et al. (2013) wurde der Einfluss von Thera-Band Trainingsprogrammen auf die Muskelkraft untersucht, mit starkem Effekt für gesunde sowie wenig beeinträchtigte Ältere und moderatem Effekt auf ältere, erkrankte bzw. sarkopene Personen. In Anbetracht dessen könnten die geringen (Interaktions-) Effekte mit der eingeschränkten Handgriffkraft des untersuchten Kollektivs begründet werden. Jedoch steht dies durch den guten Gesundheitszustand und eine Ganggeschwindigkeit von $>0,8\text{m/s}$ der Probandinnen in einem widersprüchlichen Kontext.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Resultaten kam es in einer ähnlichen Studie mit postmenopausalen Probandinnen zu einer signifikanten Steigerung der funktionellen Leistungsfähigkeit sowie der Maximalkraft nach einem 12-wöchigen Krafttraining mit elastischen Bändern; im Vergleich zur Kontrollgruppe, die keine Steigerung nach 12 Wochen aufwies (Egaña et al. 2010). In einer ähnlichen Studie konnten untrainierte, ältere Frauen durch ein ähnliches Krafttrainingsprogramm mit niedriger Intensität ebenfalls positive Effekte erzielen (Colado & Triplett 2008). Diese Unstimmigkeit der verglichenen Resultate kann durch das höhere Durchschnittsalter des untersuchten Kollektivs der *Active Ageing* Studie begründet werden. Bei einer weiteren Studie (Rogers et al. 2002), die im Durchschnittsalter besser vergleichbar ist, wurde nach einem Thera-Band-Training eine Kraftsteigerung der unteren Extremität von etwa 20% festgestellt, des Oberkörpers von ca. 24% sowie der Handgriffkraft um 5%. Für das Training des Oberkörpers verwendeten die Probandinnen zusätzlich freie Gewichte, was evt. die höheren Trainingseffekte verglichen zur vorliegenden Studie erklären könnte.

Belastungsintensität

Die geringen Effekte in der vorliegenden Studie können u.a. durch eine zu niedrige Intensität des Krafttrainings erklärt werden. Eine Studie, in der ein Thera-Band Training in Verbindung mit Kraftgeräten bei etwa 60% des EWM durchgeführt wurde, zeigt ähnliche Resultate - wobei auch hier die Autoren die geringen Effekte als Folge einer zu niedrigen

Belastungsintensität ansehen, v.a. bei Männern (Capodaglio et al. 2005). Nach Seynnes et al. (2004) besteht eine starke Dosis-Wirkungsbeziehung einerseits zwischen der Belastungsintensität und der Kraftzunahme, andererseits zwischen der Kraftzunahme und der funktionellen Leistungsfähigkeit von Älteren. Von der physiologischen Seite betrachtet, ist ein leichtes Krafttraining, v.a. für die Knieextensoren, nicht ausreichend genug, um eine Optimierung der funktionellen Leistungsfähigkeit zu erzielen (Seynnes et al. 2004).

In diesem Zusammenhang konnten Steib et al. (2010) in einem Review eine deutliche Korrelation zwischen der Belastungsintensität und der Verbesserung der Kraftleistungskapazität von Älteren aufzeigen. Ein hochintensives Krafttraining (>75% des EWM) im zunehmenden Alter führt zu höheren Kraftsteigerungen als ein Training mit niedrig bis moderaten Intensitäten (Steib et al. 2010; Cadore et al. 2014). Dies stimmt mit Ergebnissen einer weiteren Review-Studie überein, in der größere Effekte bei hohen Intensitäten als bei niedrigen analysiert wurden (Liu & Latham 2009). Dies bedeutet aber nicht automatisch, dass es dadurch auch zu einer zusätzlichen Steigerung der funktionellen Leistungsfähigkeit kommen muss. Ein Training mit moderaten Intensitäten kann durchaus positive Effekte sowohl auf die Kraftleistungsfähigkeit, als auch auf die Funktionsfähigkeit, wie z.B. die Gleichgewichtsfähigkeit (Granacher et al. 2012), im höheren Lebensalter mit sich bringen (Steib et al. 2010) und kann v.a. bei Anfängern, gebrechlichen oder auch physisch beeinträchtigten Personen zum Einsatz gebracht werden. Dennoch hätten ggf. höhere Belastungsintensitäten des Krafttrainings in der *Active Ageing*-Studie größere Effekte bewirkt.

In einem aktuellen Review-Artikel (Cadore et al. 2013) wird ein regelmäßiges Krafttraining mit 3 Sätzen, mit jeweils 8-12 WH pro Übung, 2-3x pro Woche empfohlen. Das Trainingsprogramm sollte mit 20-30% des EWM begonnen und progressiv bis 80% gesteigert werden. Auch das *American College of Sports Medicine and the American Heart Association* appellieren für ein progressives Krafttraining im moderaten bis intensiven Bereich mindestens zwei Mal pro Woche (Nelson et al. 2007). In der vorliegenden Studie wurden nur 2 Sätze mit jeweils 15 WH durchgeführt, was eher einem Kraftausdauertraining entspricht und u.a. die ausbleibenden Interaktionseffekte begründen könnte.

Ein betreutes, hoch-intensives Freihanteltraining ist nach Seynnes et al. (2004), auch bei gebrechlichen Älteren, genauso ungefährlich wie ein moderates Krafttraining, zudem jedoch physiologisch und funktionell viel effektiver. Ein Training mit bis zu 80% des EWM ist auch bei institutionalisierten, gebrechlichen Personen realisierbar (Weening-Dijksterhuis et al. 2011) und wird auch bei Hochbetagten (>85 Jahre) mit erheblichen Verbesserungen der muskulären Leistungsfähigkeit verbunden (Kryger & Andersen 2007). Die Annahme, dass im zunehmenden Alter eine reduzierte Belastungsintensität für die Vorbeugung von

Verletzungen und chronischen Überlastungen eingehalten werden sollte, ist weit verbreitet (Mayer et al. 2011). Jedoch kann dieser Aspekt durch aktuelle Studien nicht bestätigt werden, deshalb wird in der Literatur zunehmend auf den Nutzen und Relevanz von hohen Intensitäten bei Älteren hingewiesen (Steib et al. 2010; Mayer et al. 2011; Cadore et al. 2014).

Progressives Krafttraining erfordert demnach exakte Vorgaben der zu überwindenden externen Last und wird überwiegend über die Intensität kontrolliert (Mayer et al. 2011). Kritisch zu betrachten ist die Dosis-Wirkungsbeziehung und Intensitätssteigerung bei elastischen Trainingsmitteln wie dem Thera-Band, da genaue quantitative Intensitätsbereiche, wie beispielsweise beim EWM (%), nicht genau kalkulierbar sind (Martins et al. 2013). Um reliable und objektive Methoden für die Erhebung einer genauen Dosis-Wirkungsbeziehung sowie Intensitätsbestimmung elastischer Trainingsmittel erheben zu können, sind weitere Studien erforderlich. Vor allem sollten evidenzbasierte und kontrollierte Langzeit-Trainingsprogramme speziell für alte, u.U. sarkopene bzw. physisch beeinträchtigte Personen entwickelt werden.

Trainingsumfang

In der vorliegenden Studie könnten auch der Trainingsumfang (2 Sätze/Übung) sowie die Häufigkeit (2x/Woche) ausschlaggebend für die ausbleibenden Effekte sein. Der Umfang des Krafttrainings steht im engen Zusammenhang mit neuromuskulären Adaptionen, d.h. hinsichtlich der Satzanzahl pro Übung wird ein hoher Trainingsumfang (z.B. 3 Sätze/Übung) mit einem höheren Ausmaß der Kraftsteigerung verbunden als ein niedriger Umfang (z.B. 1 Satz/Übung) (Cadore et al. 2014). Auch Galvão & Taaffe (2005) konnten über einen Zeitraum von 20 Wochen größere Kraftzunahmen bei älteren Männern und Frauen ermitteln, die mit hohen Umfängen trainierten, als bei jenen, die nur einen Satz pro Übung durchführten. Im Gegensatz hierzu, analysierten Cannon & Marino (2010) jedoch vergleichbare Kraftzunahmen nach einem 10-wöchigem Krafttraining bei sowohl hohen (3 Sätze) als auch bei niedrigen (1 Satz) Trainingsumfängen von älteren Frauen. Dies wird von Radaelli et al. (2013) bestätigt, jedoch wurden nach einer länger andauernden Trainingsperiode (>20 Wochen) größere Kraftzunahmen bei der Gruppe mit höherem Trainingsumfang gefunden. Daher ist anzunehmen, dass bei kurzen Trainingsperioden (6-12 Wochen) ein Satz pro Übung ausreichend für eine Kraftsteigerung bei Älteren ist, wohingegen bei länger andauernden Trainingsperioden durchaus hohe Trainingsumfänge zum Einsatz gebracht werden sollten (Radaelli et al. 2013; Cadore et al. 2014). Demnach

war in der vorliegenden Studie, neben einer zu geringen Belastungsintensität, u.U. auch der Trainingsumfang für einen wirksamen Trainingsreizes nicht angemessen.

In der Regel erfolgt ein Krafttraining mit dem Ziel der Hypertrophie bzw. Maximalkraftsteigerung mindestens 3x wöchentlich mit einer klassischen Trainingsbelastung von 3-4 Sätzen mit ca. 10 Wiederholungen pro Muskelgruppe und bei einer Intensität von ca. 80% des EWM (Mayer et al. 2011). Diese Empfehlungen gelten für sowohl junge als auch für (hoch-) betagte (>80-jährige) Personen (Aagaard et al. 2010) mit dem einzigen Unterschied, dass das EWM von Älteren wahrscheinlich etwas geringer einzuschätzen ist.

Das Training mit Thera-Bändern scheint keinen Einfluss auf die Ausdauerleistungsfähigkeit zu haben. Trainingsintensität, -dauer und -umfang waren für eine Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit nicht angemessen und außerdem zu wenig Stimulus für messbare Veränderungen. Dies wird von einer Studie von Carvalho et al. (2009) bestätigt, in der es bei der gleichen Trainingshäufigkeit ebenfalls zu keiner Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit kam. Ein weiterer Grund ist ein Mangel an ausdauerspezifischen Trainingsinhalten im *Active-Ageing* Trainingsprogramm.

Gruppeneffekte

Signifikante Gruppenunterschiede konnten bei vier Variablen gefunden werden ($p < 0,05$) [*Handgrip rechts und links, 30Sek-Aufstehetest und Functional Reach Test*]. Bei allen signifikanten Parametern waren die Trainingsgruppen durchschnittlich um 9-22% besser als die KO-Gruppe. Obwohl eine Stratifizierung hinsichtlich der Einflussgrößen Alter und Haus durchgeführt wurde, hätte zusätzlich nach der körperlichen Leistungsfähigkeit stratifiziert werden sollen, um die Vergleichbarkeit sowie eine homogene Verteilung der Gruppen zu gewährleisten und ggf. vermengte Effekte vorab auszuschließen.

Zwischen den Trainingsgruppen KT und KTS gibt es keine signifikanten Unterschiede, was darauf hinweist, dass die Protein-Supplementierung zu keiner weiteren Steigerung geführt hat. Dies stimmt mit Resultaten anderer Studien überein (Volkert 2011b; Leenders et al. 2013; Campbell & Leidy 2007), die belegen, dass bei einer täglich zugeführten Proteinmenge von $>0,8\text{g/kg KG}$ keine zusätzlichen Steigerungen, neben den trainingsinduzierten Verbesserungen, zu erwarten sind. Demnach könnten ein guter allgemeiner Ernährungszustand sowie eine adäquat abgedeckte Proteinzufuhr der untersuchten Probandinnen für die fehlenden Effekte ausschlaggebend sein. Zu erwähnen ist hier, dass die Studienteilnehmerinnen täglich mit Frühstück, Mittag-, Abendessen sowie gesunden Zwischenmahlzeiten in den Pensionisten-Wohnhäusern versorgt werden.

Zeiteffekte

Die vorliegenden Resultate weisen signifikante Zeiteffekte auf ($p < 0,05$) [*PT Knieflexion 60°/s, Ratio Ext/Flex 60°/s, PT Knieextension 120°/s, PT Knieflexion 120°/s, 30Sek-Aufstehetest, Armhebetest leicht sowie schwer und Gait speed*]. Die größte gruppenunabhängige Differenz wurde zwischen ZP1-ZP3 mit 3,9-39,7% beobachtet. Zwischen ZP1-ZP2 gibt es eine Verbesserung von 4,6-19,8% und zwischen ZP2-ZP3 nur mehr 1,8-18,9%, was gleichzeitig den kleinsten Anstieg ausmacht. Entgegen aller Erwartungen verbesserte sich das gesamte Kollektiv; d.h. auch die KO-Gruppe konnte über den Zeitraum von 6 Monaten ihre körperliche Leistungsfähigkeit steigern. Dieser Aspekt unterstreicht den positiven Einfluss beider Trainingsprogramme, sowohl vom Kraft- als auch vom kognitiven Training her. Das bedeutet, dass verschiedene kontrollierte und betreute Trainingsprogramme zu Verbesserungen der funktionellen Leistungsfähigkeit institutionalisierter Älterer führen können. Als ausschlaggebende Einflussgrößen werden psychosoziale Aspekte vermutet, aber auch eine Erhöhung des körperlichen Aktivitätsniveaus durch die kognitiven Trainingseinheiten könnte zusätzlich maßgebend sein.

Die einzige Verschlechterung gibt es bei der Variable *PT Knieextension 120°/s* zwischen ZP2-ZP3, was wiederum darauf hindeutet, dass nach 3 Monaten die Trainingsprogression bzw. Belastungsintensitäten deutlich höher sein sollten. Aber auch die altersbedingte Abnahme der Anzahl an Myofibrillen sowie deren Querschnittsfläche, insbesondere von schnellen Typ II-Muskelfasern, könnte der Grund für die Reduktion der Schnellkraft des Quadrizeps sein (Reid & Fielding 2012; von Haehling et al. 2012). Dadurch sind u.U. die Probandinnen nicht imstande schnelle Bewegungen von 120°/s durchzuführen womit die Untauglichkeit von isokinetischen Messungen bei schnellen Winkelgeschwindigkeiten bei alten Personen deutlich wird.

Bei allen Zeitpunkten konnte der größte Anstieg bei der Variable *Armhebetest leicht* bzw. *schwer* beobachtet werden. Dieser Test ist koordinativ sehr anspruchsvoll, somit könnte das Kognitionstraining sowie die Geschicklichkeitsübungen einen positiven Einfluss auf die Koordinationsfähigkeit haben.

Kognitionstraining

Eindeutige, wissenschaftliche Nachweise über die Wirksamkeit und Effektivität von kognitiven Interventionen zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit im zunehmenden Alter sind derzeit limitiert (Pichierrri et al. 2011). Bislang konnte ein positiver Effekt von Ausdauer- bzw. Krafttraining auf kognitive Funktionen bei Demenz Erkrankten

(Bossers et al. 2015) und auch bei gesunden älteren Personen (Nouchi et al. 2014) aufgedeckt werden. Die Auswirkungen sowie Effekte von kognitiven Trainingsinterventionen auf physische Parameter waren Forschungsschwerpunkte in zwei Studien. In einer randomisierten Untersuchung (Li et al. 2010) mit 20 gesunden, älteren Probanden kam es zu einer signifikanten Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit sowie zu verbesserten grobmotorischen Fertigkeiten nach einem kognitiven *Dual-task Training* (Training von Mehrfachhandlungen, wie das gleichzeitige Ausführen einer Bewegung und einer kognitiven Aufgabe; z.B. Gehen + Rechnen). Vergleichbar sind Ergebnisse von Verghese et al. (2010) nach einem kognitiven Trainingsprogramm (*Mindfit*), das sich aus einer Mischung von visuellen, auditiven und kombinierten Aufgabenstellungen zur Schulung von Aufmerksamkeit und exekutiven Funktionen (kognitive Kontrolle) zusammensetzt. In der Interventionsgruppe verbesserte sich die Ganggeschwindigkeit während dem gleichzeitigen Sprechen – daraus lässt sich schließen, dass das Kognitionstraining einen positiven Einfluss auf die (Alltags-) Mobilität von Älteren hat (Ross et al. 2013). Des Weiteren wird eine verminderte kognitive Leistungsfähigkeit mit einer schlechten bewegungsspezifischen Leistung assoziiert (Tabbarah et al. 2002). Die bisher einzige Longitudinalstudie über einen Zeitraum von 9 Jahren, konnte einen Zusammenhang zwischen der Kognitionsleistung (insbesondere der Gedächtnisleistung) und der physischen Funktionsfähigkeit im höheren Alter feststellen (Krall et al. 2014). Die Autoren weisen darauf hin, dass eine Abnahme der körperlichen Funktionstüchtigkeit durch die Aufrechterhaltung der Gedächtnisleistung, und vice versa, reduziert werden kann – dies könnte u.a. die Zeiteffekt der vorliegenden Studie erklären.

Im Allgemeinen gibt es einen starken Zusammenhang zwischen kognitiven und physischen Fähigkeiten bzw. Funktionen im zunehmenden Alter (Schaefer & Schumacher 2011) – dies kann jedoch durch die vorliegenden Resultate nicht eindeutig bestätigt werden. Es besteht zwar eine signifikante negative Korrelation ($p < 0,05$) zwischen MMST und Alter (ZP1 $r = -0,260$; $\Delta ZP1-3$ $r = -0,260$) sowie beim ZP1 zwischen MMST und Handgriffkraft (handgrip) links ($r = 0,281$) und rechts ($r = 0,291$). Ansonsten ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen MMST und der körperlichen Leistungsfähigkeit nachweisbar.

Angesichts der positiven Effekte des Kognitionstrainings auf die funktionelle Leistungsfähigkeit im zunehmenden Alter, kann diese Interventionsmaßnahme grundsätzlich empfohlen werden. Die durch das Altern bedingten Beeinträchtigungen physischer wie auch mentaler Prozesse werden möglicherweise durch ein optimal kombiniertes Kraft- und Kognitionstraining verzögert bzw. sogar verhindert. Schwierigkeiten bei der Bewältigung von alltäglichen Aktivitäten könnten neben physischen Beeinträchtigungen durchaus auch durch einen kognitiven Funktionsverlust verursacht

werden (Fong et al. 2015). Nach Smith-Ray et al. (2014) ist es möglich durch ein kognitives Trainingsprogramm die Gleichgewichtsfähigkeit und Schrittgeschwindigkeit älterer Personen mit erhöhtem Sturzrisiko zu verbessern, was in der vorliegenden Arbeit den Zeiteffekt bei der Schrittgeschwindigkeit erklären könnte. Dies bedarf jedoch noch weitere Forschungsarbeiten um genaue Mechanismen sowie Nutzen solcher Interventionen abzuklären. Auch in einer systematischen Übersichtsarbeit von Pichierri et al. (2011) gelang es den Autoren bislang noch nicht das höchst effizienteste Kognitionstraining zu bestimmen und dessen Methodik herauszuarbeiten.

Soziale Aspekte

Darüber hinausgehend müssen auch soziale Aspekte als positive Einflussgröße auf die Leistungsfähigkeit der Probandinnen berücksichtigt werden, da die Trainingsprogramme ausschließlich in Gruppen 2x/Woche durchgeführt wurden. Eine regelmäßige soziale Teilnahme kann durchaus eine präventive Wirkung auf Motorik und Funktion im zunehmenden Alter haben, wie bereits in einer Forschungsarbeit von Buchman et al. (2009) analysiert wurde. Demnach kann eine Einschränkung in sozialen Aktivitäten und Interaktionen, v.a. Einsamkeit und Isolation (Hawkey et al. 2009), eine Art Risikofaktor für Ältere darstellen und wird mit einem rascheren Verlust von motorischen Funktionen verbunden (Buchman et al. 2009). Des Weiteren steigert Einsamkeit die Wahrscheinlichkeit eines inaktiven Lebensstils (Hawkey et al. 2009), somit ist soziales Engagement ein Anreiz für körperliche Betätigung. Aufgrund dessen könnte das wöchentliche Kognitionstraining in der sozialen Gruppe gewissermaßen als Motivator fungieren. Soziale und produktive Aktivitäten, wie etwa in den *Active-Ageing* Trainingseinheiten, bewirken gesundheitliche Vorteile, die sich in einer verbesserten Funktionsfähigkeit, höheren Lebenserwartung sowie in einem subjektiven Wohlbefinden widerspiegeln (Menec 2003), primär von älteren Frauen (Agahi & Parker 2008). Die Verbesserungen der körperlichen Leistungsfähigkeit in der vorliegenden Studie, insbesondere von der KO-Gruppe, können somit z.T. erklärt werden.

Vor allem für (gebrechliche) Personen in Seniorenwohnheimen hat das soziale Engagement eine besondere Bedeutung, zumal wie bereits eingangs erwähnt wurde, institutionalisierte Ältere inaktiver sind (Csapo et al. 2009) und deren Teilhabe am sozialen Leben geringer ist als bei selbstständig lebenden Älteren (De Deco et al. 2007). In Seniorenwohnheimen und ähnlichen Institutionen sind die Möglichkeiten für soziale Aktivitäten bzw. interpersonelle Kontakte limitiert (Jang et al. 2014) und bestehende psychosoziale Umstände bzw. Isolation wirken sich negativ aus (Netz et al. 2013). Von den physischen und psychosozialen Benefits ausgehend, gibt es bereits Empfehlungen einen

aktiven Lebensstil verbunden mit sozialen Aktivitäten innerhalb von Seniorenwohnheimen zu fordern und zu fördern (Netz et al. 2013; Jang et al. 2014).

Für zukünftige Studien müssen mit einfließende soziale Aspekte von betreuten, kontrollierten Trainingseinheiten vermehrt Berücksichtigung finden. Um die sozialen Einflussfaktoren genauer untersuchen zu können, bedarf es weitere Studien mit Kontrollgruppen, die keinerlei Interventionsmaßnahmen ausgesetzt sind.

Limitationen

Sowohl das Freizeitverhalten als auch soziale und körperliche Aktivitäten im täglichen Leben der Probandinnen wurden nicht in die Analyse miteinbezogen, was eine Limitation der Studie kennzeichnet. Oesen et al. (2015) ermittelte die Veränderung des Bewegungsverhaltens der Gesamtgruppe (Frauen und Männer) mittels Accelerometer (*steps per day*) zu Beginn sowie am Ende der Studie. Die erhobene Anzahl der Schritte pro Tag ist generell sehr niedrig (nur 10% (4382 ± 2026) der empfohlenen 7000 Schritte pro Tag (Tudor-Locke et al. 2011)) und es konnte in allen Gruppen eher eine Abnahme der körperlichen Gesamtaktivität beobachtet werden (Oesen et al. 2015). Daher ist ein Einfluss einer erhöhten körperlichen Aktivität im Alltag auf die Verbesserungen der Leistungsfähigkeit der Gruppen, insbesondere der KO-Gruppe, ausgeschlossen (Oesen et al. 2015).

Als weitere Limitation kommt zudem die fehlende Stratifizierung nach der körperlichen Leistungsfähigkeit hinzu. Obwohl durchaus eine medizinische Überprüfung sowie MMST und SPPB als Einschlusskriterien eingesetzt wurden, kam es trotzdem zu einer hohen Standardabweichung innerhalb des Kollektivs. Dies könnte u.U. die fehlenden Interaktionseffekte erklären. Aus diesem Grund sind die erhobenen Resultate nicht generalisierbar.

Abschließend ist zu erwähnen, dass die Active-Ageing Studie einen wertvollen Beitrag für regelmäßige körperliche Aktivität von Bewohner/innen der Wiener KWP-Wohnhäuser geleistet hat. Des Weiteren wurden evidenzbasierte Daten von der körperlichen Leistungsfähigkeit und anthropometrischer Kenngrößen eines institutionalisierten, älteren Kollektivs geliefert.

5 Conclusio

Die angewendeten Interventionsprogramme, wie das betreute Kraft- sowie das Kognitionstraining, haben positive Effekte auf die körperliche Leistungsfähigkeit von älteren, institutionalisierten Frauen. Beide Trainingsformen sind nachhaltige und sichere Methoden; es gab keine trainingsbedingten Verletzungen innerhalb der 6-monatigen Interventionsperiode. Zwischen der kognitiven (MMST) und der körperlichen Leistungsfähigkeit wurde kein signifikanter Zusammenhang aufgedeckt ($p > 0,05$). Um einen eindeutigen, wissenschaftlichen Nachweis über die Wirksamkeit und Effektivität von kognitiven Interventionen zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit im zunehmenden Alter zu erlangen, bedarf es künftig weitere Forschungsarbeiten. Zusätzlich sind soziale Aspekte wichtige Einflussfaktoren und müssen in zukünftigen Studien vermehrt Berücksichtigung finden.

Prinzipiell ist ein regelmäßiges Krafttrainingsprogramm mit älteren Bewohner/innen von Pensionistenwohnheimen realisierbar; v.a. sind Thera-Bänder kostengünstige und praktische Trainingsmittel. Insgesamt wurde die Hypothese, welche von einem angenommenen Effekt des Krafttrainings auf die körperliche Leistungsfähigkeit der Probandinnen ausging, nicht eindeutig bestätigt. Die erhobenen Resultate und Effektgröße hinsichtlich Muskelkraft und funktioneller Leistungsfähigkeit stimmen nicht eindeutig mit vergleichbaren Studien überein. Um künftig größere Trainingseffekte mit dem Thera-Band zu erzielen, müssen höhere Belastungsintensitäten und Trainingsumfänge eingesetzt werden. Für die Erstellung von effektiven Trainingsprogrammen für institutionalisierte, ältere Menschen spielt das Verständnis für zugrundeliegende Mechanismen für eine verbesserte motorische Funktion eine zentrale Rolle. Für die Ermittlung der genauen Dosis-Wirkungsbeziehung und Effizienz von elastischen Trainingsmitteln hinsichtlich der muskulären sowie funktionellen Leistungsfähigkeit besteht weiterer Forschungsbedarf. Hier sollte der Fokus, aufgrund der hohen Heterogenität, auf Therapie-Respondern und Non-Respondern gelegt werden.

Zwischen den Trainingsgruppen KT und KTS gibt es keine signifikanten Unterschiede, was darauf hinweist, dass die Protein-Supplementierung keine Verstärkung der Trainingseffekte auslöst. Dies kann durch eine vorab adäquat abgedeckte Proteinzufuhr des untersuchten Kollektivs begründet werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S.P. & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*; 20: 49-64
- Agahi, N. & Parker, MG. (2008). Leisure activities and mortality: does gender matter? *J Aging Health*. Oct;20(7):855-71
- Aniansson, A., Grimby, G. & Hedberg, M. (1992). Compensatory muscle fiber hypertrophy in elderly men. *J Appl Physiol*; Sep;73(3): 812-6
- Aniansson, A., Sperling, L., Rundgren, A. & Lehnberg, E. (1983). Muscle function in 75-year-old men and women. A longitudinal study. *Scand J Rehabil Med Suppl.*;9:92-102
- Bartali, B., Frongillo, EA., Bandinelli, S., Lauretani, F., Semba, RD., Fried, LP. & Ferrucci, L. (2006). Low nutrient intake is an essential component of frailty in older persons. *J Gerontol*, 61A: 589-593
- Bassey, E.J. & Harries, U.J. (1993). Normal values for handgrip strength in 920 men and women aged over 65 years, and longitudinal changes over 4 years in 620 survivors. *Clin Sci (Colch)* 84: 331-337
- Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J. & Lindeman, R.D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*; 147, 755-763
- Bonaccorsi, G., Lorini, C., Bani Assad, G., Pepe, P. & Santomauro, F. (2013). Serum trace elements and risk of malnutrition in institutionalised elderly. *Eur J Clin Nutr*. Feb;67(2):155-60
- Bossers, W.J., van der Woude, L.H., Boersma, F., Hortobagyi, T., Scherder, E.J. & van Heuvelen, M.J. (2015). A 9-week Aerobic and Strength Training Program improves Cognitive and Motor Function in patients with dementia: a randomized, controlled trial. *Am J Geriatr Psychiatry*. 10.1016/j.jagp.2014.12.191
- Buchman, AS., Boyle, PA., Wilson, RS., Fleischman, DA., Leurgans, S. & Bennett, DA. (2009). Association between late-life social activity and motor decline in older adults. *Arch Intern Med*. Jun 22;169(12):1139-46
- Buess, D. & Kressig, R.W. (2013). Sarkopenie: Definition, Diagnostik und Therapie. *Praxis*; Sep 1; 102(19), 1167-70
- Burton, L.A. & Sumukadas, D. (2010). Optimal management of sarcopenia. *Clin Interv Aging*. Sep 7; 5: 217-28

- Cadore, E.L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A. & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res.* Apr;16(2): 105-14
- Cadore, E.L., Pinto, R.S., Bottaro, M. & Izquierdo, M. (2014). Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail Elderly. *Aging Dis.* Jun 1;5(3): 183-95
- Campbell, WW. & Leidy, HJ. (2007). Dietary protein and resistance training effects on muscle and body composition in older persons. *J Am Coll Nutr.* Dec;26(6): 696-703
- Cannon, J. & Marino, F.E. (2010). Early-phase neuromuscular adaptations to high- and low-volume resistance training in untrained young and older women. *J Sports Sci.* Dec;28(14): 1505-14
- Capodaglio, P., Capodaglio, EM., Ferri, A., Scaglioni, G., Marchi, A. & Saibene, F. (2005). Muscle function and functional ability improves more in community-dwelling older women with a mixed-strength training programme. *Age Ageing.* Mar;34(2):141-147
- Carvalho, M.J., Marques, E. & Mota, J. (2009). Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology;* 55(1): 41-8
- Carvalho, J., Marques, E., Soares, J.MC. & Mota, J. (2010). Isokinetic strength benefits after 24 weeks of multicomponent exercise training and combined exercise training in older adults. *Aging Clin Exp Res.* Feb; 22(1): 63-9
- Castaneda, C., Charnley, JM., Evans, WJ. & Crim, MC. (1995) Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. *Am J Clin Nutr,* 62: 30-39
- Colado, JC. & Triplett, NT. (2008). Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *J Strength Cond Res.* Sep;22(5):1441-8
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F. et al.(2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* Jul; 39 (4), 412-23
- Csapo, R., Gormasz, C. & Baron, R. (2009). Functional performance in community-dwelling and institutionalized elderly women. *Wien Klin Wochenschr* 121: 383-390
- De Deco, C.P., do Santos, J.F., da Cunha, Vde.P. & Marchini, L. (2007). General health of elderly institutionalised and community-dwelling Brazilians. *Gerodontology,* Sep;24(3):136-42
- Deutz, NE., Bauer, JM., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., et al. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clin Nutr.* Dec;33(6):929-936
- Dishman, R. K., Washburn, R. & Heath, G. W. (2004). Physical Activity Epidemiology. *Champaign, IL: Human Kinetics*

- Doherty, T.J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*. Oct, 95(4), 1717-27
- Duncan, P.W., Weiner, D.K., Chandler, J. & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*, 45, 192-197
- Duncan, P.W., Studenski, S., Chandler, J. & Prescott, B. (1992). Functional Reach: Predictive Validity in a Sample of Elderly Male Veterans. *J Gerontol*. May; 47(3): 93-98
- Dunsky, A., Ayalon, M. & Netz, Y. (2011). Arm-curl field test for older women: is it a measure of arm strength? *J Strength Cond Res* 25 (1): 193-197
- Egaña, M., Reilly, H. & Green, S. (2010). Effect of elastic-band-based resistance training on leg blood flow in elderly women. *Appl Physiol Nutr Metab*. Dec;35(6):763-72
- Evans, W.J. (2004). Protein Nutrition, Exercise and Aging. *J Am Coll Nutr*. Dec;23(6 Suppl): 601-609
- Fahlman, MM., McNevin, N., Boardley, D., Morgan, A. & Topp, R. (2011). Effects of resistance training on functional ability in elderly individuals. *Am J Health Promot*. Mar-Apr;25(4):237-43
- Fielding, R. (2011). Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. *J Am Med Dir Assoc.*; May 12(4): 249-256
- Fleg, J.L. & Strait, J. (2012). Age-associated changes in cardiovascular structure and function: a fertile milieu for future disease. *Heart Fail Rev*. Sep;17(4-5):545-54
- Fong, T.G., Gleason, L.J., Wong, B., Habtemariam, D., Jones, R.N., Schmitt, E.M., ... Inouye, S.K. (2015). Cognitive and Physical Demands of Activities of Daily Living in Older Adults: Validation of Expert Panel Ratings. *PM R*. Jul;7(7):727-35
- Frontera, WR., Hughes, VA., Fielding, RA., Fiatarone, MA., Evans, WJ. & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* 88: 1321-1326
- Gaffney-Stomberg, E., Insogna, KL., Rodriguez, NR. & Kerstetter, JE. (2009). Increasing dietary protein requirements in elderly people for optimal muscle and bone health. *J Am Geriatr Soc*. Jun; 57(6):1073-1079
- Galvão, D.A. & Taaffe, D.R. (2005). Resistance exercise dosage in older adults: single-versus multiset effects on physical performance and body composition. *J Am Geriatr Soc*. Dec;53(12):2090-7
- Gillette-Guyonnet, S., Nourhashemi, F., Andrieu, S., Cantet, C., Albarède, J.L., Vellas, B. & Grandjean, H. (2003). Body composition in French women 75+ years of age: the EPIDOS study. *Mech Ageing Dev.*, Mar;124(3):311-6
- Goodpaster, B.H., Park, S.W., Harris, T.B., Kritchevsky, S.B., Nevitt, M., Schwartz, A.V., Simonsick, E.M., Newman, A.B., et al. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Oct, 61(10),1059-1064

- Granacher, U., Gruber, M., Strass, D. & Gollhofer, A. (2007). Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Dtsch Z Sportmed* 58(12): 446-451
- Granacher, U., Muehlbauer, T. & Gruber, M. (2012). A Qualitative Review of Balance and Strength Performance in Healthy Older Adults: Impact for Testing and Training. *J Aging Res.*;2012:708905
- Gudlaugsson, J., Gudnason, V., Aspelund, T., Siggeirsdottir, K., Olafsdottir, A.S., Jonsson, P.V., Arngrimsson, S.A., Harris, T.B. & Johannsson, E. (2012). Effects of a 6-month multimodal training intervention on retention of functional fitness in older adults: a randomized-controlled cross-over design. *Int J Behav Nutr Phys Act.* Sep 10;9: 107
- Hawkley, LC., Thisted, RA. & Cacioppo, JT. (2009). Loneliness predicts reduced physical activity: cross-sectional & longitudinal analyses. *Health Psychol.* May;28(3):354-63
- Hohenstein, K., Lechleitner, M., Roth, E., Sieber, C. & Thalhammer, E. (2011). Altersassoziierter Muskelverlust: Diagnose und Therapie bei Sarkopenie. Expert/-innen-Statement, Zugriff am 28.11.2013 unter http://sarcopenia.hu/images/uploads/Expertenstatement_Sarkopenie.pdf
- Houston, DK., Nicklas, BJ., Ding, J., Harris, TB., Tylavsky, FA., Newman, AB., Lee, JS., Sahyoun, NR., Visser, M. & Kritchevsky, SB.; Health ABC Study (2008). Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition Study. *Am J Clin Nutr*, 87: 150-155
- Hughes, VA., Frontera, WR., Wood, M., Evans, WJ., Dallal, GE., Roubenoff, R. & Fiatarone Singh, MA. (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci* 56:B209-217
- Huonker, M., Schmidt-Trucksäss, A., Heiss, H.W. & Keul, J.Z. (2002). Effects of physical training and age-induced structural and functional changes in cardiovascular system and skeletal muscles. *Gerontol Geriatr.* Apr;35(2):151-6
- Hurley, B.F. & Roth, S.M. (2000). Strength Training in the Elderly. Effects on Risk Factors for Age-Related Diseases. *Sports Med* Oct; 30 (4): 249-268
- Jang, Y., Park, NS., Dominguez, DD. & Molinari, V. (2014) Social engagement in older residents of assisted living facilities, *Aging Ment Health.* 18(5):642-647
- Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, A. & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *J Appl Physiol.*;89: 81-88
- Janssen, I., Heymsfield, S.B. & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc.* 50 (5), 889-96
- Jones, CJ., Rikli, RE. & Beam, WC. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 70 (2): 113-119

- Jonsson, E., Henriksson, M. & Hirschfeld, H. (2002). Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people? *J. Rehabil. Med.*, 35, 26-30
- Kallman, DA., Plato, CC. & Tobin, JD. (1990). The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 45: M82-M88
- Koopman, R. & van Loon, L.J. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* Jun; 106(6): 2040-8
- Krall, J.R., Carlson, MC., Fried, LP. & Qian-Li Xue, Q. (2014). Examining the Dynamic, Bidirectional Associations Between Cognitive and Physical Functioning in Older Adults. *Am J Epidemiol*. Oct 15; 180(8): 838-46
- Kryger, AI. & Andersen, JL. (2007). Resistance training in the oldest old: consequences for muscle strength, fiber types, fiber size, and MHC isoforms. *Scand J Med Sci Sports*, 17(4):422-430
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D.R. & Harris, T.B. (2010). Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*. Apr; 21(4): 543-59
- Latham, N.K., Bennett, D.A., Stretton, C.M. & Anderson, C.S. (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Jan; 59(1):48-61
- Lauretani, F., Russo, CR., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., Corsi, AM., Rantanen, T., Guralnik, JM. & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985). Nov;95(5):1851-60
- Lechleitner, M. (2011). Ernährung im Alter: gleiche Ziele für Alt/Jung/beim kritisch Kranken? IFIMP-Innsbrucker Forum für Intensivmedizin und Pflege (9-10 Juni 2011). Österr. Landeskrankenhaus Hochzirl, Kongresshaus Innsbruck
- Leenders, M., Verdijk, LB., Van der Hoeven, L., Van Kranenburg, J., Nilwik, R., Wodzig, WK., Senden, JM., Keizer, HA. & Van Loon, LJ. (2013). Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly. *Med Sci Sports Exerc*. Mar;45(3): 542-552
- Li, K.Z., Roudaia, E., Lussier, M., Bherer, L., Leroux, A. & Mckinley, P.A. (2010). Benefits of cognitive dual-task training on balance performance in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*.; 65A(12): 1344-1352
- Lima, R.M., Bottaro, M., Carregaro, R., de Oliveira, J.F., Bezerra, L.M. & de Oliveira, R.J. (2012). Effects of resistance training on muscle strength of older women: a comparison between methods. *Braz. J. Kinanthropom. Hum. Performance*, 14(4): 409-418
- Liu, CJ. & Latham, NK. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. Jul 8;(3):CD002759
- Loenneke, J.P. & Pujol, T.J. (2011). Sarcopenia: An emphasis on occlusion training and dietary protein. *Hippokratia*, Apr;15(2):132-137

- Lubans, D.R., Munday, C.M., Lubans, N.J. & Lonsdale, C.C. (2013). Pilot randomized controlled trial: elastic-resistance-training and lifestyle-activity intervention for sedentary older adults. *J Aging Phys Act.* Jan; 21(1): 20-32
- Lynch, N.A., Metter, E.J., Lindle, R.S., Fozard, J.L., Tobin, J.D., Roy, T.A., Fleg, J.L. & Hurley, B.F. (1999). Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J. Appl. Physiol.* 86: 188-194
- Martins, W.R., de Oliveira, R.J., Carvalho, R.S., de Oliveira Damasceno, V., da Silva, V.Z. & Silva, M.S. (2013). Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: a systematic review with meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr* 57 (1):8-15
- Mayer, F., Gollhofer, A. & Berg, A. (2003). Krafttraining mit Älteren und chronisch Kranken. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*; 54: 88-94
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S. & Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Dtsch Arztebl Int*; 108(21): 359-64
- Menec, V.H. (2003). The relation between everyday activities and successful aging: a 6-year longitudinal study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* Mar;58(2):S74-82
- Metter, E.J., Talbot, L.A., Schragger, M. & Conwit, R.A. (2004). Arm-cranking muscle power and arm isometric muscle strength are independent predictors of all-cause mortality in men. *J Appl Physiol* Feb; 96(2):814-21
- Morley, J.E., Baumgartner, R.N., Roubenoff, R., Mayer, J. & Nair, K.S. (2001). Sarcopenia. *J Lab Clin Med.*, Apr; 137(4): 231-43
- Morley, J.E. (2012). Sarcopenia in the elderly. *Family Practice*; 29: i44-i48
- Morley, J.E., Anker, S.D. & von Haehling, S. (2014). Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology—update 2014. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* Dec; 5(4): 253-259
- Münzer, T. (2010). Sarkopenie im Alter. Konzept, Klinik und Intervention. *Schweiz Med Forum* 10(10): 188-190
- Nakao, H., Yoshikawa, T., Hara, T., Wang, L., Suzuki, T. & Fujimoto, S. (2007). Thresholds of Physical Activities Necessary for Living a Self-Supporting Life in Elderly Women. *Osaka City Med. J.* Vol. 53: 53-61
- Nelson, M.E., Rejeski, W.J., Blair, S.N., Duncan, P.W., Judge, J.O., King, A.C., Macera, C.A. & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* Aug;39(8):1435-45
- Netz, Y., Goldsmith, R., Shimony, T., Arnon, M. & Zeev, A. (2013) Loneliness is associated with an increased risk of sedentary life in older Israelis. *Aging Ment Health* 17(1):40-47
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Hashizume, H. Nozawa, T., Nouchi, H. & Kawashima, R. (2014). Four weeks of combination exercise training improved

- executive functions, episodic memory, and processing speed in healthy elderly people: evidence from a randomized controlled trial. *Age (Dordr)*. 36:787-799
- Oesen, S., Halper, B., Hofmann, M., Jandrasits, W., Franzke, B., Strasser, E.M., . . ., Wessner, B. (2015). Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalised elderly - a randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. doi: 10.1016/j.exger.2015.08.013. Epub 2015 Sept 2.
- Ostchega, Y., Dillon, C.F., Lindle, R., Carroll, M. & Hurley, B.F. (2004). Isokinetic leg muscle strength in older americans and its relationship to a standardized walk test: data from the national health and nutrition examination survey 1999-2000. *J Am Geriatr Soc*.52:977-982
- Pahor, M., Guralnik, J.M., Ambrosius, W.T., Blair, S., Bonds, D.E., Church, T.S., Espeland, M.A., Fielding, R.A., Gill, T.M., Groessl, E.J., King, A.C., Kitchevsky, S.B., Manini, T.M., McDermott, M.M., Miller, M.E., Newman, A.B., Rejeski, J., Sink, K.M. & Williamson, J.D. (2014). Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE Study randomized clinical trial. *JAMA*. Jun 18; 311(23): 2387-96
- Patterson, R., Stegink, CW., Hogan, HA. & Nassif, MD. (2001). Material properties of Thera-Band Tubing. *Phys Ther* 81: 1437-1445
- Peterson, M.D., Sen, A. & Gordon, P.M. (2011). Influence of Resistance Exercise on Lean Body Mass in Aging Adults: A Meta-Analysis. *Med Sci Sports Exerc*. Feb; 43(2): 249-258
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K. & de Bruin, E.D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatr*. Jun 8;11:29
- Rabelo, H.T., Bezerra, L.A., Terra, D.F., Lima, R.M., Silva, M.A., Leite, T.K. & de Oliveira, R.J. (2001). Effects of 24 weeks of progressive resistance training on knee extensors peak torque and fat-free mass in older women. *J Strength Cond Res*. Aug;25(8): 2298-303
- Radaelli, R., Botton, C.E., Wilhelm, E.N., Bottaro, M., Lacerda, F., Gaya, A., Moraes, K., Peruzzolo, A., Brown, L.E. & Pinto, R.S. (2013). Low- and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Exp Gerontol*. Aug;48(8): 710-6
- Rantanen, T., Masaki, K., Foley, D., Izmirlian, G., White, L. & Guralnik, JM. (1998). Grip strength changes over 27 yr in Japanese- American men. *J Appl Physiol* 85: 2047-2053
- Reid, K.F. & Fielding, R.A. (2012). Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning In Older Adults. *Exerc Sport Sci Rev*. Jan; 40(1): 4-12
- Rogers, M.E., Sherwood, H.S., Rogers, NL. & Bohlken, RM. (2002). Effects of dumbbell and elastic band training on physical function in older inner-city African-American women. *Women Health*.;36(4):33-41
- Ross, L.A., Schmidt, E.L. & Ball, K. (2013). Interventions to maintain mobility: What works? *Accid Anal Prev*. Dec;61: 167-96

- Schaefer, S. & Schumacher, V. (2011). The Interplay between Cognitive and Motor Functioning in Healthy Older Adults: Findings from Dual-Task Studies and Suggestions for Intervention. *Gerontology*;57(3): 239-46
- Scharla, S.H. (2001). Altersbedingte Veränderungen des Bewegungsapparates – eine Übersicht. *Journal für Menopause* 8(2):27-31
- Scott, D., Blizzard, L., Fell, J. & Jones, G. (2011). The epidemiology of sarcopenia in community living older adults: what role does lifestyle play? *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2, 125-134
- Seynnes, O., Fiatarone Singh, MA., Hue, O., Pras, P., Legros, P. & Bernard, PL. (2004). Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. May;59(5):503-509
- Skelton, D.A., Greig, C.A., Davies, J.M. & Young, A. (1994). Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*. 23:371-377
- Smith-Ray, R.L., Makowski-Woidan, B. & Hughes, S.L. (2014). A randomized trial to measure the impact of a community-based cognitive training intervention on balance and gait in cognitively intact Black older adults. *Health Educ Behav*. 41:62-69
- Spiriduso, W.W., Francis, K.L. & MacRae, P.G. (2005). Physical Dimensions of Aging. 2nd. *Human Kinetics*
- Steib, S., Schoene, D. & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. May;42(5): 902-14
- Strasser, B, Keinrad, M., Haber, P. & Schobersberger, W. (2009). Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults-a randomized controlled trial. *Wien Klin Wochenschr*; 121(23-24): 757-64
- Tabbarah, M., Crimmins, E.M. & Seeman, T.E. (2002). The relationship between cognitive and physical performance: MacArthur Studies of Successful Aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Apr;57(4): 228-35
- Tieland, M., Borgonjen-Van den Berg, KJ., van Loon, LJ. & de Groot, LC. (2012a). Dietary protein intake in community-dwelling, frail, and institutionalized elderly people: scope for improvement. *Eur J Nutr*. Mar;51(2):173-9
- Tieland, M., Dirks, ML., van der Zwaluw, N., Verdijk, LB., van de Rest, O., de Groot, LC. & van Loon, LJ. (2012b). Protein supplementation increases muscle mass gain during prolonged resistance-type exercise training in frail elderly people: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Am Med Dir Assoc*. Oct;13(8):713-719
- Torres, MJ., Dorigny, B., Kuhn, M., Berr, C., Barberger-Gateau, P. & Letenneur, L. (2014). Nutritional status in community-dwelling elderly in France in urban and rural areas. *PLoS One*. Aug 18;9(8):e105137

- Tudor-Locke, C., Craig, C.L., Brown, W.J., Clemens, S.A., De Cocker, K., Giles-Corti, B., ... Blair, S.N. (2011). How many steps/day are enough? For adults. *Int J Behav Phys Act.* 8:79
- Vasunilashorn, S., Coppin, A. K., Patel, K. V., Lauretani, F., Ferrucci, L., Bandinelli, S., et al. (2009). Use of the Short Physical Performance Battery Score to predict loss of ability to walk 400 meters: analysis from the InCHIANTI study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 64(2):223-229
- Verdijk, L.B., Jonkers, R. A., Gleeson, B.G., Beelen, M., Meijer, K., Savelberg, H. H., et al. (2009). Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *Am J Clin Nutr*, 89(2):608-616
- Verghese, J., Mahoney, J., Ambrose, A.F., Wang, C. & Holtzer, R. (2010). Effect of cognitive remediation on gait in sedentary seniors. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*; 65(12): 338-1343
- Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M., Simonsick, E.M. & Harris, T.B. (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* Mar;60(3):324-33
- Volkert, D. (2011a). Nutritional guidelines and standards in geriatrics. *Z Gerontol Geriatr.* Apr; 44(2):91-6, 99
- Volkert, D. (2011b) The role of nutrition in the prevention of sarcopenia. *Wien Med Wochenschr.* Sep;161(17-18):409-15
- Von Haehling, S., Morley, J.E. & Anker, S.D. (2010). An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, Dec; 1(2):129-133
- Von Haehling, S., Morley, J.E. & Anker, S.D. (2012). From muscle wasting to sarcopenia and myopenia: update 2012. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 3:213-217
- Weening-Dijksterhuis, E., de Greef, M.H., Scherder, E.J., Slaets, J.P. & van der Schans, C.P. (2011). Frail institutionalized older persons: A comprehensive review on physical exercise, physical fitness, activities of daily living, and quality-of-life. *Am J Phys Med Rehabil.* Feb;90(2):156-68
- Wolfe, R.R., Miller, S.L. & Miller, K.B. (2008). Optimal protein intake in the elderly. *Clin Nutr.* Oct;27(5):675-84
- World Health Organization. (2000). Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. *World Health Organ Tech Rep Ser.* ;894:i-xii, 1-253

Elektronische Medien

Nutricia FortiFit Österreich. (2011). Inhaltsstoffe FortiFit. Zugriff am 06. Juni 2014 unter http://www.fortifit.nutricia.at/index.php/home/ueber_fortifit/inhaltsstoffe

Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE). (2007). Nahrungsinhaltsstoffe Eiweiß. Zugriff am 12. November 2014 unter <http://www.oege.at/index.php/wissenschaft-forschung/referenzwerte/2-uncategorised/1120-nahrungsinhaltstoffe-eiweiss>

STATISTIK AUSTRIA. (2013). Bevölkerungsprognose 2013; Bundesanstalt Statistik Österreich. Zugriff am 12.11.2014 unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADL	<i>Activities of daily living</i> (Aktivitäten des täglichen Lebens)
ANOVA	Analysis of Variance
BMI	Body Mass Index
DEXA	<i>Dual Energy X-Ray Absorptiometry</i> (Dual-Röntgen-Absorptiometrie)
EWGSOP	<i>European Working Group on Sarcopenia in Older People</i>
EWM	Ein-Wiederholungsmaximum
EXT	Extension
FLEX	Flexion
H	<i>Hamstrings</i> (Beinflexion)
KG	Körpergewicht
KT	Krafttraining
KTS	Krafttraining und Supplement
KO	Kognitives Training
KWP	Kuratorium Wiener Pensionisten
MMST	Mini-Mental-State-Test
NV	Normalverteilung
PT	Peak-Torque
Q	Quadrizeps (Beinextension)
SPPB	Short-Physical-Performance-Battery
WH	Wiederholungen
ZP	Zeitpunkt
6MWT	6min-walking-test

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Überblick über verschiedenen Definitionen der Sarkopenie

Abbildung 2: Mechanismen der Sarkopenie

Abbildung 3: Kategorien und Ursachen der Sarkopenie

Abbildung 4: Übersicht der Sarkopenie-Prävalenz

Abbildung 5: Bevölkerungsprognose Österreich

Abbildung 6: Bevölkerungsprognose Österreich im Schichtendiagramm

Abbildung 7: Vorgehen bei Verdacht auf Sarkopenie

Abbildung 8: Studienbeteiligung

Abbildung 9: Boxplot PT Knieextension 60°/s

Abbildung 10: Boxplot PT Knieflexion 60°/s

Abbildung 11: Boxplot Ratio Extension/Flexion 60°/s

Abbildung 12: Boxplot PT Knieextension 120°/s

Abbildung 13: Boxplot PT Knieflexion 120°/s

Abbildung 14: Boxplot Ratio Extension/Flexion 120°/s

Abbildung 15: Boxplot Handgriffkraft (handgrip) rechts

Abbildung 16: Boxplot Handgriffkraft (handgrip) links

Abbildung 17: Boxplot 30Sek-Aufstehtest

Abbildung 18: Boxplot Functional-Reach Test

Abbildung 19: Boxplot Armhebetest leicht

Abbildung 20: Boxplot Armhebetest schwer

Abbildung 21: Boxplot Geh-/Schrittgeschwindigkeit

Abbildung 22: Boxplot 6-Min-Gehtest

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Sarkopenie Prävalenz

Tabelle 2: Charakterisierung der Studienteilnehmerinnen

Tabelle 3: Anthropometrischen Kenngrößen der Studienteilnehmerinnen

Tabelle 4: ANOVA mit Messwertwiederholung – Isokinetische Drehmomentmessungen

Tabelle 5: ANOVA mit Messwertwiederholung – Funktionelle Tests

Tabelle 6: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – *PT Knieflexion 60°/s*

Tabelle 7: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Ratio Extension/Flexion 60°/s

Tabelle 8: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – PT Knieextension 120°/s

Tabelle 9: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – PT Knieflexion 120°/s

Tabelle 10: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – Handgrip rechts

Tabelle 11: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – Handgrip links

Tabelle 12: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – 30Sekunden-Aufstehetest

Tabelle 13: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – 30Sekunden-Aufstehetest

Tabelle 14: Post-hoc Analyse der Gruppen (KT, KTS, KO) – Functional-Reach-Test

Tabelle 15: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Armhebetest leicht

Tabelle 16: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Armhebetest schwer

Tabelle 17: Post-hoc Analyse der Zeitpunkte (1, 2, 3) – Geh-/Schrittgeschwindigkeit

Tabelle 18: Korrelationen Studienbeginn (ZP1)

Tabelle 19: Korrelationen der untersuchten Parameter im Zeitverlauf (ZP1 – ZP3)

ANHANG

Normalverteilungsprüfung der einzelnen Parameter

Asymp. Signifikanz (2-seitig)	p-Werte		
	Zeitpunkt 1 (pre)	Zeitpunkt 2 (3 Monate post)	Zeitpunkt 3 (6 Monate post)
30Sek-Aufstehetest [WH]	0,002	<0,001	0,022
PT Knieextension 60°/s [Nm]	0,200	0,200	0,200
PT Knieflexion 60°/s [Nm]	0,200	0,200	0,200
Ratio Ext/Flex 60°/s [-]	0,033	0,005	0,004
PT Knieextension 120°/s [Nm]	0,200	0,200	0,071
PT Knieflexion 120°/s [Nm]	0,200	0,200	0,200
Ratio Ext/Flex 120°/s [-]	0,045	0,021	0,200
Handgrip links [N]	0,200	0,200	0,200
Handgrip rechts [N]	0,200	0,200	0,200
Functional Reach Test [cm]	0,200	0,200	0,200
Armhebetest leicht [WH]	0,054	0,009	0,200
Armhebetest schwer [WH]	0,200	0,200	0,200
Gait speed [sek]	0,001	0,003	0,003
6-Min-Walking Test [m]	0,074	0,200	0,200

*p-Werte beziehen sich auf die Normalverteilung der Variablen von ZP 1, ZP 2 und ZP 3 (berechnet mittels Kolmogorov-Smirnov-Test)
signifikante Werte sind **fett** markiert*

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt.

Ort, Datum

Kerstin Wohlmuth

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Kerstin Wohlmuth
Geburtsdatum	28.05.1987
Staatbürgerschaft	Österreich
Wohnort	3423 St. Andrä-Wördern, NÖ

Schulische Ausbildung

1997-2001	Realgymnasium Klosterneuburg
2001-2005	Bundesrealgymnasium unter besonderer Berücksichtigung der sportlichen Ausbildung; Parhamerplatz 1170 Wien
2005-2006	Bakkalaureatsstudium Ernährungswissenschaften, Universität Wien (nicht abgeschlossen)
2006-2010	Bakkalaureatsstudium Sportwissenschaft (Fachrichtung Gesundheitssport), Universität Wien
2011-2015	Magisterstudium Sportwissenschaft, Universität Wien
seit 2013	Ind. Akkreditierung von SportwissenschaftlerInnen für die Trainingstherapie – Eintragung in die Trainingstherapieliste durch das Bundesministerium für Gesundheit

Sonstige Ausbildung

2011	Internship Odense, Dänemark, Syddansk Universitet <i>Elderly in motion – biological and humanist study of ageing</i>
2014	Internship Odense, Dänemark, Syddansk Universitet <i>Move in old age – biological and humanist study of ageing</i>
2006	Lehrgang zur Ausbildung von Lehrwarten / Fit Erwachsene
2005	Massagekurs in klassischer Massage und Heilmassage

Berufliche Tätigkeit

2012-2014	Organisation diverse Rollstuhl-Basketball Events
2012-2014	IMSB „Bewegte Kids Woche“
2009	Praktikum Reha-Zentrum „Weißer Hof“
2007-2009	„Jugend am Werk“ und „Ich bin O.K.“, Kultur- und Bildungsverein für Menschen mit und ohne Behinderung
seit 2010	Training mit der Altersgruppe 50+
seit 2006	Trainerin Kinderturnen
seit 2013	Personal Trainerin privat und diverse Fitnessclubs

Fremdsprachen

Dänisch und Englisch in Wort und Schrift, Französisch z.T.