

Aus der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. A. Buck

**Eine neue Methode zur Erfassung von Muskelkraft und
Muskelleistung der unteren Extremitäten und ihr
Zusammenhang mit dem Sturzrisiko**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Nina Christine Messerer

aus Dinkelsbühl

Würzburg, September 2012

Referent: Prof. Dr. med. P. Schneider

Koreferent: Prof. Dr. med. T. Blunk

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 30.09.2013

Die Promovendin ist Ärztin

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	- 1 -
1.1	DEMOGRAPHISCHER WANDEL.....	- 1 -
1.2	STÜRZE IM ALTER UND IHRE PROBLEMATIK	- 1 -
1.2.1	<i>Definition des Begriffes Sturz</i>	- 1 -
1.2.2	<i>Epidemiologie</i>	- 2 -
1.2.3	<i>Folgen von Sturzereignissen</i>	- 2 -
1.2.4	<i>Risikofaktoren</i>	- 4 -
1.3	GEBRECHLICHKEIT (= FRAILTY).....	- 6 -
1.4	SARKOPENIE	- 7 -
1.4.1	<i>Definition</i>	- 7 -
1.4.2	<i>Ursachen der Sarkopenie</i>	- 8 -
1.4.3	<i>Folgen der Sarkopenie</i>	- 9 -
2	ZIELSETZUNG	- 11 -
3	PROBANDEN UND METHODIK	- 12 -
3.1	STUDIENDESIGN	- 12 -
3.2	UNTERSUCHUNGSSTICHPROBE	- 12 -
3.3	MESSTECHNIK.....	- 13 -
3.3.1	<i>Posturographie-Messplattform</i>	- 13 -
3.3.2	<i>Handdynamometer</i>	- 15 -
3.4	TESTABLAUF	- 16 -
3.4.1	<i>Testdurchführung zur Erfassung der Muskelkraft der oberen Extremitäten mittels Handdynamometer</i>	- 16 -
3.4.2	<i>Testdurchführung zur Erfassung der Muskelkraft und -leistung der unteren Extremitäten mittels Posturographiemessplattform</i>	- 16 -
3.4.3	<i>Fragebogen</i>	- 17 -
3.5	STATISTISCHE ANALYSE.....	- 18 -
4	ERGEBNISSE	- 19 -
4.1	ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG.....	- 19 -

4.2	VERTEILUNG DER STURZEREIGNISSE.....	- 19 -
4.3	RELATIVE BEWEGUNGSLEISTUNG.....	- 21 -
4.4	ABSOLUTE MAXIMALKRAFT	- 24 -
4.5	RELATIVE MAXIMALKRAFT	- 27 -
4.6	DIE ZEIT IM CHAIR-RISE-TEST	- 31 -
4.7	HANDKRAFT	- 33 -
4.8	AUSWERTUNG DES FRAGEBOGEN	- 35 -
4.8.1	<i>Medikamente</i>	- 35 -
4.8.2	<i>Chronische Erkrankungen</i>	- 36 -
4.8.3	<i>Osteoporose</i>	- 37 -
4.8.4	<i>Cortison</i>	- 38 -
4.8.5	<i>Alltagseinschränkung</i>	- 38 -
4.8.6	<i>Subjektives Gesundheitsgefühl</i>	- 39 -
4.8.7	<i>Subjektive Einschätzung der körperlichen Aktivität</i>	- 41 -
4.8.8	<i>Sonstige Risikofaktoren</i>	- 41 -
5	DISKUSSION	- 44 -
5.1	KRAFTVERLUST IM ALTER.....	- 44 -
5.2	MUSKELKRAFT UND IHR VORHERSAGEWERT FÜR EIN STURZVORKOMMEN	- 47 -
5.3	MUSKELLEISTUNG UND IHR VORHERSAGEWERT FÜR EIN STURZVORKOMMEN	- 48 -
5.4	DIE ZEIT IM CHAIR-RISE-TEST UND IHR ZUSAMMENHANG MIT DEM STURZRISIKO	- 49 -
5.5	DER VORHERSAGEWERT DER HANDKRAFT FÜR EIN STURZVORKOMMEN	- 51 -
5.6	FRAGEBOGEN	- 52 -
5.6.1	<i>Sturzepidemiologie</i>	- 52 -
5.6.2	<i>Medikamente</i>	- 54 -
5.6.3	<i>Chronische Erkrankungen, subjektive Einschätzung der Gesundheit</i>	- 55 -
5.6.4	<i>Osteoporose und Glukokortikoide</i>	- 57 -
5.6.5	<i>Kognition und Stimmung</i>	- 58 -

5.6.6	<i>Gleichgewichtsstörungen, Schwindel</i>	- 60 -
5.6.7	<i>Sehbeeinträchtigungen</i>	- 61 -
5.6.8	<i>Probleme an Hüft-, Knie- oder Fußgelenken</i>	- 62 -
5.6.9	<i>Angst zu stürzen</i>	- 63 -
5.6.10	<i>Hilfsmittel</i>	- 64 -
5.6.11	<i>Körperliche Aktivität</i>	- 65 -
5.6.12	<i>Alltagseinschränkungen</i>	- 66 -
6	ZUSAMMENFASSUNG	- 68 -
7	LITERATURVERZEICHNIS	- 73 -
8	ANHANG	- 96 -
8.1	FRAGEBOGEN	- 96 -
8.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	- 100 -
	DANKSAGUNG	
	LEBENS LAUF	

1 Einleitung

1.1 Demographischer Wandel

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts befindet sich die Bevölkerungsstruktur in Deutschland im Wandel. Die Sterberate übertrifft die Geburtenrate, die Bevölkerung verkleinert sich. Dabei wächst die Population der über 60-Jährigen schneller als diejenige unterhalb dieser Altersgrenze. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von demographischer Alterung. Lag der Anteil der über 60-Jährigen an der Gesamtbevölkerung in den 50er Jahren noch bei 15%, so liegt er inzwischen bei rund 25%. Laut Prognosen könnte ihr Anteil bis zum Jahr 2050 auf etwa 35% ansteigen. Vor allem die Altersgruppe der über 80-Jährigen wächst schnell. Bis zum Jahr 2050 wird sich ihr Anteil mit 13,4% mehr als verdreifachen (*Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend 2002*). Die Überalterung der Gesellschaft hat auf viele Bereiche des Lebens Auswirkungen, etwa auf die Rentenversicherung oder die Pflegekapazitäten. Präventions- und Interventionsmaßnahmen gegen chronische Erkrankungen und Erhaltung der Selbstständigkeit und Lebensqualität bis ins Alter spielen eine immer wesentlichere Rolle in unserem Gesundheitssystem.

1.2 Stürze im Alter und ihre Problematik

1.2.1 Definition des Begriffes Sturz

Wegen ihrer Häufigkeit und den Auswirkungen auf Individuum und Gesellschaft stellen Stürze im Alter ein wichtiges Thema für unser Gesundheitssystem dar.

In der Literatur findet sich für den Begriff Sturz keine einheitliche Definition (*Hauer et al. 2006*). Experten des europäischen Netzwerkes zur Sturzprävention „PROFANE“ untersuchten Studien zum Thema Sturz im Alter hinsichtlich ihrer Definitionen und fanden unterschiedliche Interpretationen hinsichtlich der Sturzebene. Einige Studien zählen einen Sturz erst bei Bodenkontakt, andere rechnen bereits den Kontakt mit Wänden oder Möbeln

zum Sturzgeschehen. Andere Unstimmigkeiten finden sich beispielsweise bei der Integration eines Sturzgeschehens, welches durch ein akutes medizinisches Ereignis wie eine Ohnmacht oder einen Anfall verursacht wird.

In dieser Arbeit wird in Anlehnung an die PROFANE-Gruppe und das Deutsche Netzwerk für Qualität in der Pflege (DNQP) ein Sturz definiert als "jedes Ereignis, in dessen Folge eine Person unbeabsichtigt auf dem Boden oder auf einer tieferen Ebene zu liegen kommt" (DNQP 2006).

1.2.2 Epidemiologie

Verschiedene Studien auf diesem Gebiet zeigen übereinstimmend, dass ein Drittel der Menschen über 65 Jahren einmal im Jahr unbeabsichtigt stürzt (Tromp et al. 2001, Tinetti et al. 1988, Gostynski et al. 1999), wobei die Sturzinzidenz um 10% je Lebensdekade ansteigt (Nikolaus u. Becker 1999). Bei den über 90-Jährigen wird sogar von einer Sturztendenz von über 50% ausgegangen (Tinetti et al. 1988, deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin 2004).

Etwa jeder fünfte Betroffene im ambulanten Bereich erleidet mehr als einen Sturz im Jahr. Im Pflegeheimsektor ist sogar davon auszugehen, dass jeder zweite Bewohner einmal pro Jahr stürzt, etwa 30% der Heimbewohner stürzen mehrmals (Becker et al. 1999).

In absoluten Zahlen ausgedrückt bedeutet dies, dass in Deutschland bei älteren Menschen mit etwa 4 bis 5 Millionen Stürzen im Jahr gerechnet werden muss.

1.2.3 Folgen von Sturzereignissen

Stürze älterer Menschen stellen wegen ihrer Häufigkeit und ihrer physischen, psychischen und sozialen Konsequenzen ein bedeutendes klinisches und ökonomisches Problem dar (Beer et al. 2000, Gostynski et al. 1999, Gulich et al. 2000, Murphy et al. 2002). Physische Auswirkungen reichen von Prellungen und Verstauchungen über Frakturen bis hin zum Tod des Betroffenen. Hüftnahe Frakturen stellen dabei die epidemiologisch besterfasste Sturzfolge dar.

Insgesamt erleiden mehr als 100.000 Menschen jährlich in Deutschland eine hüftnahe Fraktur (*Runge u. Schacht 1999*).

Laut einer Studie in den USA sind Stürze dort eine der häufigsten Todesursachen bei Menschen ab dem 65. Lebensjahr (*Tideiksaar 2008*). In Deutschland ist bei durchschnittlich 8,8 von 100.000 Verstorbenen die Todesursache auf einen Sturz zurückzuführen (*Bundesministerium für Familien, Senioren, Frauen und Jugend 2002*).

Auch die psychischen Folgen von Stürzen können zu massiven Einschränkungen in der Selbstständigkeit des Betroffenen führen. Untersuchungen zeigen, dass etwa 40% der Betroffenen ein posttraumatisches Stress-Syndrom entwickeln (*King u. Tinetti 1995, Gostynski et al. 1999*). Durch den Verlust des Vertrauens in die eigene Mobilität kommt es zu einem Kreislauf aus reduzierter körperlicher Aktivität und weiteren funktionellen Einschränkungen (*Legters 2002, Murphy et al. 2003, Fletcher u. Hirdes 2004*). Auch der Scham und der Angst anderen zu Last zu fallen kommt eine erhebliche Bedeutung zu (*Yardley 2002*).

Ein Sturz kann auch Grund für eine Heimeinweisung sein. Es ist davon auszugehen, dass alleine Hüftfrakturen jährlich etwa 15.000 bis 20.000 Heimeinweisungen nach sich ziehen. Eine Studie aus den USA zeigte, dass nur etwa 50% der Menschen, die mit einer Hüftfraktur in eine Klinik eingewiesen wurden, wieder in ihr Zuhause zurück und selbstständig leben können (*Stevens u. Olson 2000*).

Auch der wirtschaftliche Kostenfaktor darf nicht übersehen werden. *Becker et al. (2003)* geben an, dass allein im Heimbereich für die Behandlung von Sturzfolgen in Deutschland jährlich mehr als 500 Millionen Euro ausgegeben werden. *Hubacher und Ewert (1997)* berechneten die jährlichen Krankenhauskosten in der Schweiz, die sich aufgrund von sturzbedingten Frakturen ergeben, und kommen auf Kosten von 150 bis 200 Millionen Schweizer Franken.

1.2.4 Risikofaktoren

Die Folgen eines Sturzes sind für ältere Menschen deswegen so gravierend, da ihre Regenerationsfähigkeit gegenüber jüngeren Menschen reduziert ist. Viele erreichen nach einem Sturz nicht mehr ihr gesundheitliches Ausgangsniveau. Deswegen kommt der Früherkennung von Sturzrisikofaktoren eine besondere Bedeutung zu.

Stürze sind multifaktoriell bedingt und ereignen sich meistens aufgrund einer Verknüpfung verschiedener Risikofaktoren. Dabei steigt das Sturzrisiko umso stärker je mehr Risikofaktoren zusammenkommen. In Studien konnte gezeigt werden, dass das Risiko zu stürzen um durchschnittlich 58% zunimmt, wenn die Zahl der Risikofaktoren auf vier oder mehr ansteigt (*Tinetti et al. 1988, Nevitt et al. 1989*).

Dank der umfangreichen Studienlage können die häufigsten Risikofaktoren benannt und systematisiert werden. So hat das Deutsche Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (*DNQP 2006*) eine Liste mit den elf häufigsten Risikofaktoren zusammengestellt, welche auf den Ergebnissen einer umfassenden Literaturanalyse beruht (siehe Tabelle 1). Die Risikofaktoren wurden dabei in intrinsische und extrinsische Faktoren unterteilt. Dabei werden unter intrinsischen Faktoren die Eigenschaften verstanden, die die Person selbst betreffen (Sensorik, Motorik, Krankheiten etc.), unter extrinsischen Faktoren diejenigen, die von außen auf die Person einwirken (Beleuchtung, Kleidung, Medikamente etc.) (*Tideiksaar 2008*).

Unterteilung	Risikofaktoren
<p>Intrinsische Risikofaktoren</p>	<p>1. Funktionseinbußen und Funktionsbeeinträchtigungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probleme mit der Körperbalance • Gangveränderungen/eingeschränkte Bewegungsfähigkeit • Erkrankungen, die mit veränderter Mobilität, Motorik und Sensibilität einhergehen (Multiple Sklerose, M. Parkinson, Apoplexie, Polyneuropathie, Osteoarthritis, Krebserkrankungen, andere chronische Erkrankungen, schlechter klinischer Allgemeinzustand) <p>2. Sehbeeinträchtigungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • reduzierte Kontrastwahrnehmung, reduzierte Sehschärfe, ungeeignete Brille <p>3. Beeinträchtigung der Kognition und Stimmung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demenz, Depression, Delir <p>4. Erkrankungen, die zu kurzzeitiger Ohnmacht führen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herzrhythmusstörungen, Hypoglykämie, Haltungsbedingte Hypotension, TIA, Epilepsie <p>5. Ausscheidungsverhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dranginkontinenz, Nykturie, Probleme beim Toilettengang <p>6. Angst vor Stürzen</p> <p>7. Sturzvorgeschichte</p>
<p>Extrinsische Risikofaktoren</p>	<p>8. Verwendung von Hilfsmitteln</p> <p>9. Schuhe (Kleidung)</p> <p>10. Medikamente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Psychopharmaka, Sedative/Hypnotika, Antiarrhythmika <p>11. Gefahren in der Umgebung</p> <p>Innerhalb von Räumen und Gebäuden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schlechte Beleuchtung, Steile Treppen, mangelnde Haltemöglichkeiten, glatte Böden, Stolpergefahren <p>Außerhalb von Räumen und Gebäuden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unebene Gehwege und Straßen, mangelnde Sicherheitsausstattung (z.B. Beleuchtung, Haltemöglichkeiten), Wetterverhältnisse (z. B. Glatteis, Schnee)

Tab.1 Die häufigsten sturzrelevanten Risikofaktoren nach dem DNQP

1.3 Gebrechlichkeit (= Frailty)

Das Frailty-Syndrom (Gebrechlichkeit = engl. frailty) ist ein komplexes geriatrisches Syndrom, welches durch die verminderte Belastbarkeit gegenüber externen Stressoren gekennzeichnet ist (*Bauer u. Sieber 2007*). Diese können verschiedenartige Ereignisse umfassen, wie etwa eine interkurrente Erkrankung oder einen Wohnungswechsel. Frailty tritt zwar altersassoziiert auf, lässt sich aber nicht alleine aus dem Lebensalter ableiten. Vielmehr ist sie das Ergebnis von natürlichen Alterungsprozessen kombiniert mit medizinisch feststellbaren Organ- und Funktionsstörungen. Frailty lässt sich gegenwärtig am besten mit den Kriterien nach *Fried (2001)* beschreiben. So kann, wenn drei oder mehr der folgenden Faktoren vorliegen, bei einem älteren Menschen vom Frailty-Syndrom gesprochen werden. Werden nur zwei Faktoren erfüllt, spricht man vom Prefrailty-Syndrom (*Ackermann 2009*):

- Herabgesetzte körperliche Aktivität
- Immobilität, Instabilität, Gang- und Standunsicherheit mit Sturzneigung
- Subjektive Erschöpfung (mental, emotional, physisch)
- Objektivierete Muskelschwäche (beispielsweise durch Handkraftmessung erfassbar)
- Unfreiwilliger Gewichtsverlust von über 10 Prozent in einem Jahr

Amerikanische Studien zeigen, dass in der Altersgruppe der 65- bis 75-Jährigen Frailty mit einer Prävalenz von 3 % bis 7 % und in der Gruppe der über 80-Jährigen mit einer Prävalenz von 25% bis 40 % vorkommt (*Ackermann 2009*).

Der Verlust von Anpassungsfähigkeit und funktioneller Reserve geht für die Betroffenen mit einem erhöhten Risiko für den Verlust der Selbstständigkeit, Hospitalisierung und Mortalität einher.

Der Verlust von Muskelmasse und Muskelkraft (Sarkopenie) und die Entstehung von Frailty sind dabei zwei untrennbar miteinander verbundene Begriffe.

1.4 Sarkopenie

1.4.1 Definition

Ein wichtiger Faktor, der im fortgeschrittenen Alter zu Funktionseinbußen der Motorik führt, ist die Sarkopenie. Unter diesem Begriff versteht man den nicht beabsichtigten Verlust der Skelettmuskulatur und die damit zusammenhängende Abnahme der Körperkraft. Gleichzeitig kommt es zu einer vermehrten Fett- und Bindegewebsinfiltration. Dieser Vorgang unterliegt dem natürlichen Alterungsprozess, die Ausprägung ist jedoch individuell sehr unterschiedlich.

Der altersbedingte Muskelabbau kann bereits im Alter von 25 Jahren in einem geringen Maße beginnen, signifikante Verminderungen der statischen Muskelkraft treten durchschnittlich aber erst nach dem 60. Lebensjahr auf (*Doherty et al. 1993, Lexell et al. 1988*).

Nach *Baumgartner et al. (1999)* liegt ab dem 70. Lebensjahr die Prävalenz der Sarkopenie für Männer bei 19,1% und für Frauen bei 34,2% und steigt mit zunehmendem Alter. In der 8. Lebensdekade liegt die Prävalenz bereits bei durchschnittlich 53,35%.

Verschiedene Studien konnten belegen, dass Sturzrisiko und funktionelle Prognose mit der Muskelkraft der unteren Extremitäten korrelieren (*Roubenoff 2000, Fried et al. 2001, Guralnik et al. 1995*).

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die im Alter deutlich reduzierte Muskelmasse im Vergleich zu jüngeren Personen.



Abb. 1 MRI der Oberschenkelmuskulatur von einem 81-jährigen Mann

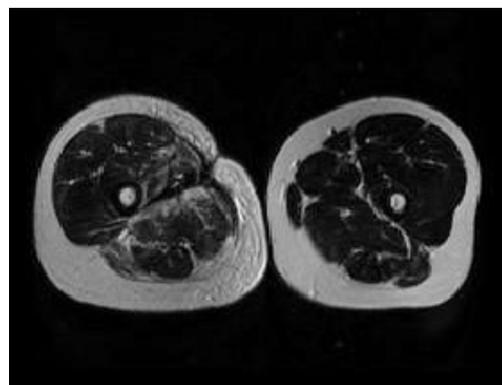


Abb. 2 MRI der Oberschenkelmuskulatur von einem 32-jährigen Mann

1.4.2 Ursachen der Sarkopenie

Mehrere Faktoren tragen zur Entstehung der Sarkopenie bei. Die Abnahme der Skelettmuskelkraft ist vor allem durch einen Abbau von schnellen Muskelfasern (Typ II) charakterisiert, während die langsamen Muskelfasern (Typ I) im Wesentlichen zahlenmäßig unverändert bleiben (*Lexell et al. 1995, Husom et al. 2005*).

Eine weitere Rolle spielt der Rückgang der Anzahl an α -Motoneuronen des Spinalganglions, begleitet von einer Degeneration der Axone. In Folge innervieren die restlichen Neurone mehr Muskelfasern, es kommt es zu einer Vergrößerung der übrigen motorischen Einheiten (*McComas et al. 1993, Doherty et al. 1993*). *Tomlinson und Irving* (1977) und *Kawamura et al.* (1977) beschrieben eine Verminderung der Anzahl motorischer Neurone im lumbosakralen Spinalganglion nach dem 60. Lebensjahr von über 50% im Vergleich zu jungen Menschen.

Weiterhin sind Veränderungen im Stoffwechsel an der Entstehung einer Sarkopenie beteiligt. Im Alter reduziert sich die Proteinsynthese. Zusätzlich nimmt wegen der Schädigung durch freie Radikale die Qualität der Proteine ab, was für ältere Menschen zu einem erhöhten Bedarf an Proteinen führt (*Bokov et al. 2004*).

Einige Autoren sehen einen Zusammenhang zwischen altersassoziierten hormonellen Veränderungen und der Entstehung einer Sarkopenie, wie der Abnahme des Wachstumshormon (GH), des Testosteron- und des Dehydroepiandrosteronspiegels (DHEA). Testosteron und das GH-Hormon beeinflussen die Proteinsynthese positiv (*Szulc et al. 2004, Iranmanesh 1991*). DHEA hemmt unter anderem das Zytokin Interleukin 6 (*Daynes et al. 1993*).

Zytokine bedingen Veränderungen, wie sie für Frailty bzw. Sarkopenie typisch sind. Dazu zählen Anorexie, Lipolyse, Proteindegradation, Erhöhung des C-reaktiven Proteins und eine verminderte Albuminsynthese (*Kolb u. Leischker 2009, S.59*). Viele Studien bestätigen inzwischen eine Beteiligung von entzündungsfördernden Zytokinen wie IL-6 und TNF- α (*Roubenoff 2003, Lang et al. 2010*). So kann im sarkopenischen Muskel eine aktivierte Zytokinsynthese durch Adipozyten gemessen werden (*Hamada et al. 2005, Schaap et al. 2006*).

Ferucci et al. (2002) und *Schrager et al. (2007)* bringen erhöhte IL-6-Spiegel mit Mobilitätseinschränkungen, einer verminderten Ganggeschwindigkeit, geringer Handkraft und einer erhöhten abdominalen Fettmasse in Verbindung. Eine Reduktion von Albumin, einem Proteinmarker für den Ernährungszustand, korreliert mit einer Reduktion von Muskelmasse (*Baumgartner et al. 1996*).

Mit zunehmendem Alter treten auch vermehrt Schädigungen der mitochondrialen DNA auf, welche empfindlicher gegenüber oxidativen Schäden durch freie Radikale ist als die nukleäre DNA. Die hauptsächlich auf die Mitochondrien zurückgehende ATP-Produktionsrate im Skelettmuskel kann bei älteren Menschen um bis zu 50% vermindert sein (*Drew et al. 2003*) und die verminderte Bereitstellung von Energie trägt zu einer reduzierten Lebensfähigkeit der Zellen bei (*Hollmann u. Strüder 2009*). Die Mitochondrien regulieren auch die Zellapoptose, an der verschiedene enzymatische Vorgänge beteiligt sind (*Chao et al. 2005*). Im alternden Muskel steigt das Apoptosepotenzial (*Dirks u. Leeuwenburgh 2005*) und durch eine mitochondriale Dysfunktion kann eine lokale Dystrophie bedingt werden.

Neben genetischen Determinanten sind auch Umweltfaktoren von Bedeutung. Körperliche Inaktivität, Komorbidität und Ernährungsweise können die Ausprägung einer Sarkopenie verstärken.

1.4.3 Folgen der Sarkopenie

Aus der Verringerung von Muskelmasse und Muskelkraft ergeben sich schwerwiegende gesundheitliche und funktionelle Beeinträchtigungen.

Es kommt zu Störungen des Gangbildes, der Balance und damit einhergehend zu einem erhöhten Sturzrisiko. Zudem steigt auch das Risiko für Frakturen, da ein Verlust der Muskelmasse sich auch auf die Knochenfestigkeit auswirkt. Die Knochenfestigkeit steht in enger Beziehung zur Muskelkraft und ist somit von allen Aktivitäten abhängig, bei denen die Muskulatur gefordert wird. Denn Knochenwachstum und Knochenabbau werden durch die maximale elastische Verformung des Knochens bestimmt (Modeling und Remodeling). Durch aktive

Muskelkontraktionen werden dafür notwendige kurzzeitig auftretende Maximalkräfte erreicht, die den Knochenaufbau stimulieren (*Frost 1987*).

Auch wenn die Sarkopenie im Alter nicht umgangen werden kann, so sollte doch versucht werden sie so weit in Grenzen zu halten, dass älteren Menschen die Unabhängigkeit und Lebensqualität bis ins hohe Alter gewährleistet wird. Verschiedene Studien zeigen, dass vor allem Krafttraining dazu beitragen kann, den Prozess des Muskelabbaus einzudämmen (*Hasten et al. 2000, Kosek et al. 2006, Hunter et al. 2004*). Durch Messung der Muskelkraft und Muskelleistung können Betroffene frühzeitig erkannt und eine gezielte Prävention in die Wege geleitet werden.

2 Zielsetzung

Wie bereits erläutert, stellen Defizite in Muskelkraft und Muskelleistung wichtige Ursachen von Immobilität, Stürzen und Pflegebedürftigkeit im Alter dar. Um eine gezielte Prävention zu leisten, kommt es wesentlich darauf an, die Muskelleistung bis ins hohe Alter aufrecht zu halten.

Im medizinischen Alltag wird Muskelkraft oft nur mit manuellen Untersuchungstechniken abgeschätzt. Viele Messapparate messen nur die isometrische Kraft, was die Bewegung als wichtige Komponente ausschließt. Bei isokinetischen Maschinen wird die Bewegung zwar berücksichtigt, allerdings werden Kraft und Drehmomente in fixierten Körperhaltungen bei vorgegebenen Winkelgeschwindigkeiten gemessen, welche nicht den natürlichen Bewegungsabläufen entsprechen. Die Muskelleistung wird in der medizinischen Diagnostik oft gar nicht berücksichtigt.

An der Universität Würzburg ist ein Gerät entwickelt worden, der so genannte Balance-X-Sensor, mit dem Muskelkraft und Muskelleistung während natürlicher Bewegungen physikalisch korrekt gemessen werden können.

In dieser Studie soll untersucht werden, ob dieses Messverfahren als Screeningmethode zur Erkennung von Muskelkraft und -leistungsdefiziten geeignet ist und ob ein Zusammenhang mit einem erhöhten Sturzvorkommen besteht.

In der Geriatrie wird zur Bestimmung eines erhöhten Sturzrisikos häufig die dynamometrische Handkraft eingesetzt, weswegen die Handdynamometrie in den Messungen ebenfalls berücksichtigt wird. In einem Fragebogen untersucht diese Studie außerdem den Zusammenhang von bestimmten Sturzrisikofaktoren und der Sturzanamnese der Teilnehmer.

3 Probanden und Methodik

3.1 Studiendesign

Im Rahmen einer Publikumsmesse mit ca. 120.000 Besuchern (Mainfrankenmesse Würzburg vom 29.09.2007 bis 07.10.2007) wurde eine Feldstudie zur Gleichgewichts- und Muskelleistungsmessung mittels der Posturographie-Plattform „Balance-X-Sensor“ durchgeführt. Gleichzeitig wurden in einer Fragebogenaktion retrospektiv Sturzereignisse und sturzrelevante Risikofaktoren erfasst. Die Pilotuntersuchung soll zeigen, in welchem Umfang und in welcher Qualität eine verwertbare Datenerhebung zu den oben genannten Fragestellungen möglich ist.

Diese Arbeit bezieht sich auf die Untersuchung von Muskelkraft und Muskelleistung. Ergebnisse der Gleichgewichtsmessung werden nicht berücksichtigt.

3.2 Untersuchungsstichprobe

Die Teilnahme erfolgte freiwillig. Die Studie schließt nur mobile, zu Hause lebende Teilnehmer ab dem 50. Lebensjahr ein. Es wurden keine weiteren Ein- oder Ausschlusskriterien gestellt.

Insgesamt nahmen 459 Personen an der Studie teil. Das Kollektiv setzt sich aus 314 Frauen und 145 Männern zusammen, mit einem Durchschnittsalter von 66,8 Jahren.

3.3 Messtechnik

3.3.1 Posturographie-Messplattform

Die Posturographie-Messplattform (Balance-X-Sensor, Firma Soehnle, Abbildung 3) wurde an der Universität Würzburg entwickelt.

Der Balance-X-Sensor bietet eine Kraft- und Leistungsmessung an den oberen und unteren Muskelgruppen und der Rumpfmuskulatur, wobei die durch den Probanden auf die Plattform wirkende Kraft im zeitlichen Verlauf gemessen wird. Dadurch kann zum einen die Regelfähigkeit des sensomotorischen Systems quantitativ erfasst werden, zum anderen bietet das Gerät die Möglichkeit, die Kräfte aus ergometrischen Tests zu analysieren. Aus Bewegungsversuchen gegen die Schwerkraft wie Kniebeugen, Aufstehtest, Hantelübungen oder Sprüngen können verschiedene Parameter errechnet werden.



Abb. 3 Posturographiemessplattform „Balance-X-Sensor“

Das Messgerät besteht aus einer Bodenreaktions-Kraftmessplatte mit drei hochempfindlichen Wägezellen, die eine stabile, dreieckige Ebene bilden. Diese messen Kräfte, die aus den Beschleunigungskräften von Massen gegen die Schwerkraft resultieren. Sie können aus dem Rumpf, den Gliedmaßen oder zusätzlichen fremden Massen, die Kräfte erzeugen, hervorgehen. Im

Muskelapparat auftretende interne Kräfte sowie Kräfte, die nicht gegen die Schwerkraft gerichtet sind oder sich gegenseitig aufheben, werden nicht registriert. Die Genauigkeit der Wägezellen ist ± 1 N, das maximale Gewicht beträgt 10000 N pro Zelle. Die Genauigkeit der Leistungsberechnung beträgt 0,005 W bei einer Messfrequenz von 200/s. Der Messbereich liegt zwischen 0,005 und 10 kW. Während der Messung wird kontinuierlich die Kraft pro Zeiteinheit gemessen. Diese so genannte Kraft-Zeit-Domäne wird umgerechnet in die Frequenz-Domäne. Daraus erhält man die Leistung in Abhängigkeit der Frequenz. Die Integration der Leistungs-Frequenz-Kurve entspricht der Summe der Einzelwerte. Der hierdurch erhaltene Wert entspricht der erbrachten Durchschnittsleistung (*Schneider et al. 2011, Oppenheim u. Schafer 1975, Norton u. Karczub 2003*).

Mit dem BXS-Gerät lassen sich folgende Parameter bestimmen:

A. Aus posturographischen Tests:

- *Muskelleistungsfrequenz (W/Hz)*
Dient der Frequenzanalyse der posturalen Stellreaktion; hohe Frequenzen sprechen für einen guten Trainingszustand
- *Kraftvektorfläche Balancestand (cm²)*
Bestimmung der Abweichung des Körperschwerpunktes; eine kleine Fläche zeigt hohe Standsicherheit
- *Stehleistung (W)*
Eine geringe Leistung entspricht einem guten Trainingszustand

B. Aus ergometrischen Tests:

- *Bewegungsleistung (W)*
Die aus Bewegungsabläufen gegen die Schwerkraft erbrachte Muskelleistung.
- *Maximalkraft (N)*
Anzeige des höchsten gemessenen Wertes aus dem entsprechenden Bewegungsversuch (sowie Anzeige des niedrigsten Wertes und der durchschnittlichen Kraft)

- *Relative Maximalkraft*
Kraftverhältnis bezogen auf das Körpergewicht in Newton

3.3.2 Handdynamometer

Das Handdynamometer erfasst die isometrische Maximalkraft der Hand und Unterarmmuskulatur mittels Handgriffstärke. Zur Handkraftmessung wurde ein Baseline® hydraulisches Handdynamometer (Abbildung 4) verwendet, welches in Kilogramm skaliert ist. Im Ergebnisteil wird die Handkraft in Newton angegeben.



Abb. 4 Baseline Handdynamometer

3.4 Testablauf

3.4.1 Testdurchführung zur Erfassung der Muskelkraft der oberen Extremitäten mittels Handdynamometer

Zunächst wurde bei jedem Probanden die Handkraft der dominanten Hand mittels des oben beschriebenen Handdynamometers erfasst und auf den Fragebögen notiert. Der Test wurde im Stehen durchgeführt. Dabei wurde der Arm seitlich an den Körper gehalten und im Ellbogengelenk um 90 Grad gebeugt.

3.4.2 Testdurchführung zur Erfassung der Muskelkraft und -leistung der unteren Extremitäten mittels Posturographiemessplattform

Chair-Rise-Test

Der Chair-Rise-Test, auch Aufstehtest genannt, ist wichtiger Bestandteil von Untersuchungen zur Sturzgefahr im Alter. Er misst die muskuläre Leistung als Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit.

Für diesen Test wurde ein Hocker üblicher Höhe (ca. 46 cm Sitzhöhe) auf der Plattform platziert. Die Probanden wurden gebeten, fünfmal hintereinander aufzustehen. Die Arme sollten sie dabei über der Brust kreuzen, so dass diese nicht zur Hilfe genommen werden konnten. Die Probanden wurden dazu angehalten, den Test in Maximalgeschwindigkeit durchzuführen. Die insgesamt benötigte Zeit wurde dabei mittels Stoppuhr in Sekunden gemessen und notiert. Die relative Bewegungsleistung (Bewegungsleistung im Verhältnis zur Körpermasse in Kilogramm), die absolute Maximalkraft und die relative Maximalkraft (Maximalkraft im Verhältnis zum Körpergewicht in Newton) wurden dabei in die Testauswertung miteinbezogen.

Kniebeugen-Test

Die Kniebeuge gilt im Sport als eine wichtige Übung zur Kräftigung der Muskulatur. Da nicht nur ein einziger Muskel, sondern mehrere Muskelgruppen

an der Bewegung beteiligt sind, spricht man auch von einer Muskelschlinge oder Muskelkette. Im Fall der Kniebeuge besteht sie aus dem Oberschenkelstrecker und -beuger, dem großen Gesäßmuskel, der als Hüftstrecker wirkt, sowie dem Rückenstrecker. Somit werden die Muskelgruppen gekräftigt, die für die Statik des Menschen beim Stehen und Gehen verantwortlich sind.

Im zweiten Test zur Erfassung der Muskelleistung wurden die Probanden gebeten auf der Plattform zehn Sekunden lang Kniebeugen auszuführen. Die Probanden wurden angeleitet, die Füße parallel zu halten und die Arme nach vorne auszustrecken. Die Kniebeugen sollten mit maximal möglicher Leistung ausgeführt werden. Die relative Bewegungsleistung (Bewegungsleistung im Verhältnis zur Körpermasse in Kilogramm), die absolute Maximalkraft und die relative Maximalkraft (Maximalkraft im Verhältnis zum Körpergewicht in Newton) wurden dabei in die Testauswertung miteinbezogen.

Da zwischen absoluter und relativer Bewegungsleistung in den jeweiligen Tests eine hohe Korrelation von $r = 0,95$ vorliegt, wurde auf eine Darstellung der absoluten Bewegungsleistung im Ergebnisteil verzichtet.

3.4.3 Fragebogen

Im Fragebogen wurde nach verschiedenen sturzrelevanten Risikofaktoren gefragt. Außerdem sollten die Patienten Angaben darüber machen, ob sie in den letzten zwölf Monaten gestürzt sind und welche Folgen sich daraus ergaben. Wegen seines Umfangs wird an dieser Stelle auf eine nähere Erläuterung verzichtet. Der vollständige Fragebogen findet sich im Anhang.

3.5 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm „Statistica“. Da die Daten größtenteils nicht normalverteilt sind, wurde die Prüfung auf Signifikanz mit dem Mann-Whitney U-Test für zwei unverbundene Gruppen sowie dem Kruskal-Wallis-Test für mehrere unverbundene Gruppen durchgeführt. Bei einem signifikanten Ergebnis im Kruskal-Wallis wurden Post-Hoc-Analysen angeschlossen. Zum Vergleich kategorisierter Variablen wurden der Fisher exakt und der χ^2 -Test nach Pearson verwendet. Bei einem p-Wert < 0,05 wurden Unterschiede als schwach signifikant, bei einem p-Wert < 0,01 als signifikant und bei einem p-Wert < 0,001 als hochsignifikant gewertet. Sämtlichen Signifikanzprüfungen wurde eine zweiseitige Fragestellung zugrunde gelegt.

4 Ergebnisse

4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

An der Studie nahmen insgesamt 459 Probanden teil. Davon sind 145 Probanden männlich und 314 Probanden weiblich. Bei den Männern liegt das Durchschnittsalter bei 67,8 Jahren, bei den Frauen beträgt das durchschnittliche Alter 66,3 Jahre. Insgesamt liegt das Durchschnittsalter bei 66,8 Jahren. In Abbildung 5 ist die Altersverteilung dargestellt.

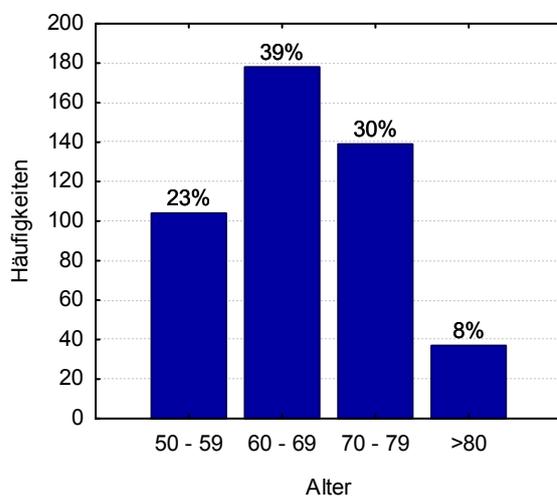


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung der Altersgruppen

4.2 Verteilung der Sturzereignisse

73 Probanden (15,9%) geben an, in den letzten zwölf Monaten gestürzt zu sein. 1 Person äußerte sich nicht zum Sturzgeschehen. 47 Personen (10,2%) stürzten im letzten Jahr einmal, weitere 23 Probanden (5,0%) geben an, mehrfach gestürzt zu sein. Davon stürzten 12 Personen zweimal, 9 Personen stürzten dreimal und 2 Personen geben an, mehr als dreimal gestürzt zu sein. 3 Personen machten keine Angaben zur Sturzhäufigkeit.

Die Häufigkeit von Stürzen nimmt mit steigendem Alter signifikant zu (p-Wert < 0,01). Das Vorkommen von Stürzen steigt von 8 Teilnehmern (7,7%) in der Gruppe der 50 bis 59-Jährigen und 14 Teilnehmern (7,9%) in der Gruppe der 60 bis 69-Jährigen auf 40 Teilnehmer (28,8%) in der Gruppe der 70 bis 79-Jährigen. In der Gruppe der über 80-Jährigen sind 8 Teilnehmer (24,3%) gestürzt. Abbildung 6 gibt einen Überblick über die Anzahl von Stürzen in den einzelnen Altersgruppen.

Zwischen Männern und Frauen besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich des Sturzvorkommens. 49 (15,6%) von 314 weiblichen Teilnehmern geben ein Sturzgeschehen in den letzten zwölf Monaten an. Davon stürzten 15 Frauen (4,8%) mehrmals. Bei den Männern berichten 24 (16,5%) von 145 Teilnehmern von einem Sturz. Davon stürzten 8 Probanden (5,5%) mehrmals. Bei Teilnehmern, die einmal gestürzt sind, leben 16 Personen (34,0%) alleine zu Hause. 8 Teilnehmer (30,4%), die mehrmals gestürzt sind, leben alleine im eigenen Haushalt. Bei Probanden, die nicht gestürzt sind, leben 100 Personen (25,9%) ohne Partner. Durch den Sturz kam es bei 13 Probanden (17,8%) zu einer Fraktur.

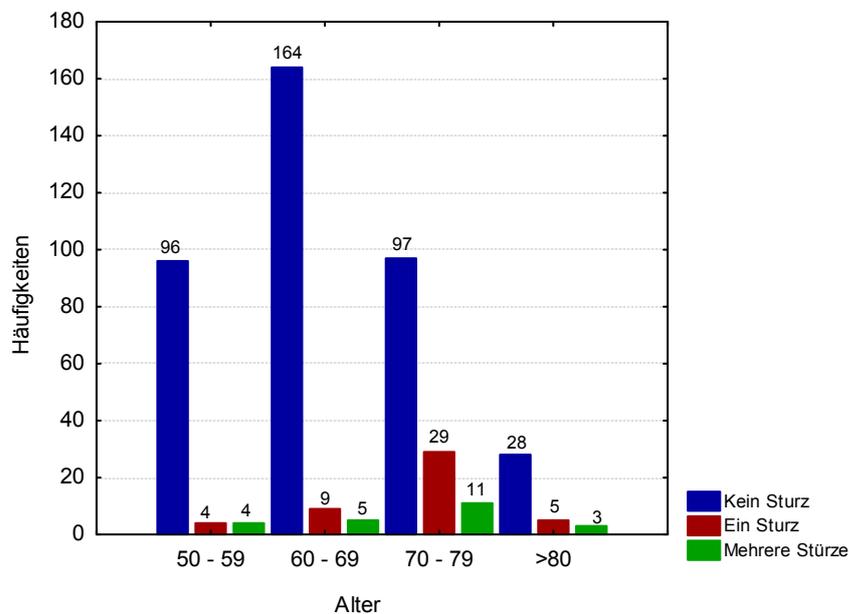


Abb. 6 Überblick über die Sturzhäufigkeit in den verschiedenen Altersgruppen (Die Zahlen über den Säulen entsprechen der jeweiligen Anzahl der Probanden).

4.3 Relative Bewegungsleistung

Chair-Rise-Test

Die relative Bewegungsleistung beträgt im Chair-Rise-Test im Mittel 3,94 W/kg KG \pm 2,72. Männer erbrachten im Durchschnitt eine Leistung von 5,24 W/kg KG \pm 3,24 und Frauen eine Leistung von 3,34 W/kg KG \pm 2,20. Mit einem p-Wert $<$ 0,001 unterscheiden sich die Geschlechter hochsignifikant.

Es zeigen sich bei beiden Geschlechtern jeweils deutliche Rückgänge der Bewegungsleistung pro Dekade (vgl. Abbildung 7). Bei den Männern sinkt die Leistung durchschnittlich um 1,61 W/kg KG (21,9%), bei den Frauen durchschnittlich um 1,13 W/kg KG (23,2%). Zwischen der ersten und der letzten Gruppe besteht bei den Männern ein Unterschied von 4,85 W/kg KG (66,0%), bei den Frauen besteht ein Unterschied von 3,41 W/kg KG (70,0%). Die Prozentangaben richten sich nach den Ausgangswerten in der Gruppe der 50 bis 59-Jährigen. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, nähern sich Männer und Frauen in ihrer Leistung mit zunehmendem Alter leicht an.

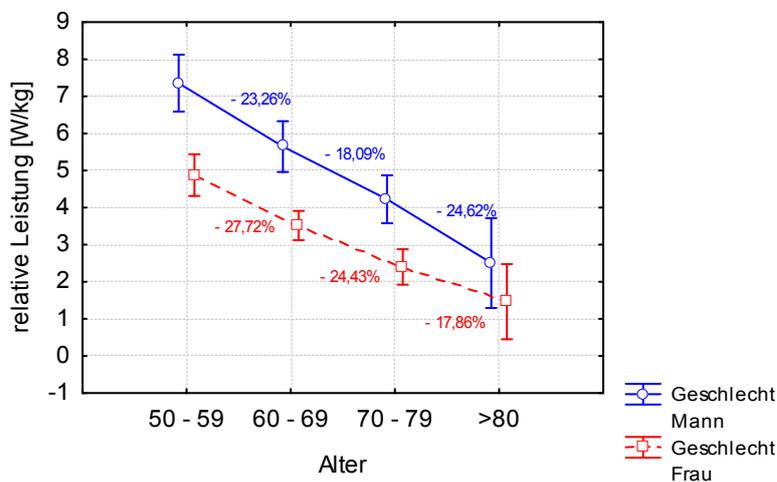


Abb. 7 Verteilung der Mittelwerte der relativen Leistung im Chair-Rise-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Leistungsabnahme pro Dekade).

Die durchschnittliche Leistung von Probanden, die einmal gestürzt sind, liegt bei 3,13 W/kg KG \pm 2,53. Bei Teilnehmern, die mehrmals gestürzt sind, liegt sie bei 2,41 W/kg KG \pm 1,27. Beide Gruppen unterscheiden sich mit einem p-Wert < 0,01 signifikant von den Teilnehmern, die nicht gestürzt sind. Deren durchschnittliche Leistung liegt bei 4,14 W/kg KG \pm 2,77 (vgl. Abbildung 8). Zwischen den Gruppen „Ein Sturz“ und „Mehrfachsturz“ besteht kein signifikanter Unterschied.

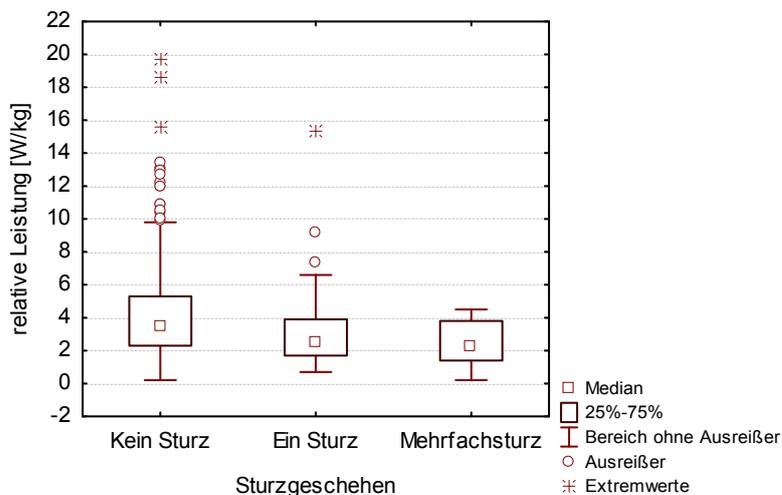


Abb. 8 Box Plot für die relative Leistung im Chair-Rise-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

Kniebeugen-Test

Im Kniebeugen-Test liegt die relative Bewegungsleistung im Mittel bei 4,74 W/kg KG \pm 4,29. Bei den Männern beträgt sie durchschnittlich 6,26 W/kg KG \pm 5,44 und bei den Frauen 4,03 W/kg KG \pm 3,42. Sie unterscheiden sich mit einem p-Wert < 0,001 hochsignifikant.

Der Leistungsunterschied zwischen den 50 bis 59-Jährigen und über 80-Jährigen beträgt für die Männer 7,1 W/kg KG (78,6%) und für die Frauen 5,17 W/kg KG (77,4%). Mit 2,80 W/kg KG (41,9%) ist beim weiblichen Geschlecht vor allem die Differenz zwischen den ersten beiden Altersgruppen groß. Die männlichen Teilnehmer zeigen mit 1,42 W/kg KG (15,7%) eine geringere Differenz, in den anderen Altersstufen unterscheiden sich die Mittelwerte der Männer dann allerdings stärker. In einem Alter von über 80 Jahren

unterscheidet sich die Leistung beider Geschlechter mit einer Differenz von 0,42 W/kg KG nur noch geringfügig (vgl. Abbildung 9).

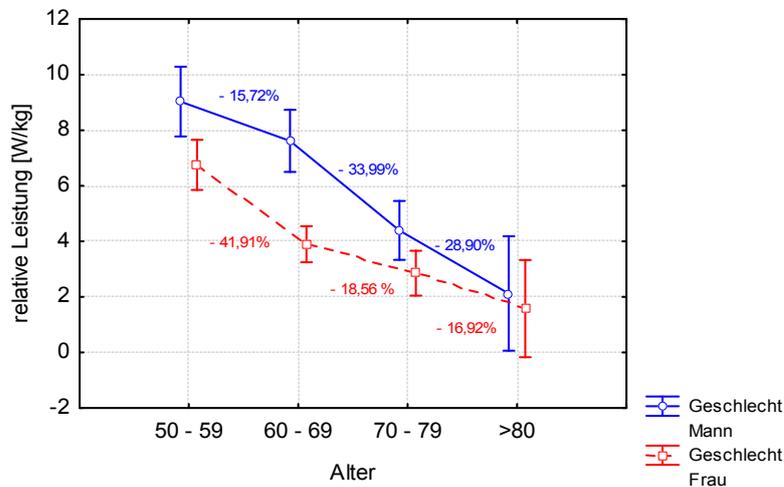


Abb. 9 Verteilung der Mittelwerte der relativen Leistung im Kniebeugen-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Leistungsabnahme pro Dekade).

Abbildung 10 gibt einen Überblick über die Leistung in den Gruppen „Kein Sturz“, „Ein Sturz“ und „Mehrfachsturz“. Teilnehmer, die einmal gestürzt sind, zeigen im Kniebeugen-Test eine mittlere Leistung von 3,25 W/kg KG \pm 2,53. Teilnehmer, die mehrmals gestürzt sind, erbringen eine mittlere Leistung von 3,21 W/kg KG \pm 2,67. Teilnehmer, die nicht gestürzt sind, weisen eine mittlere Leistung von 5,02 W/kg KG \pm 4,49 auf. Für die Gruppen „Kein Sturz“ und „Ein Sturz“ ergibt sich mit einem p-Wert < 0,05 ein schwach signifikanter Unterschied, im Vergleich der anderen Gruppen gehen keine Signifikanzen hervor.

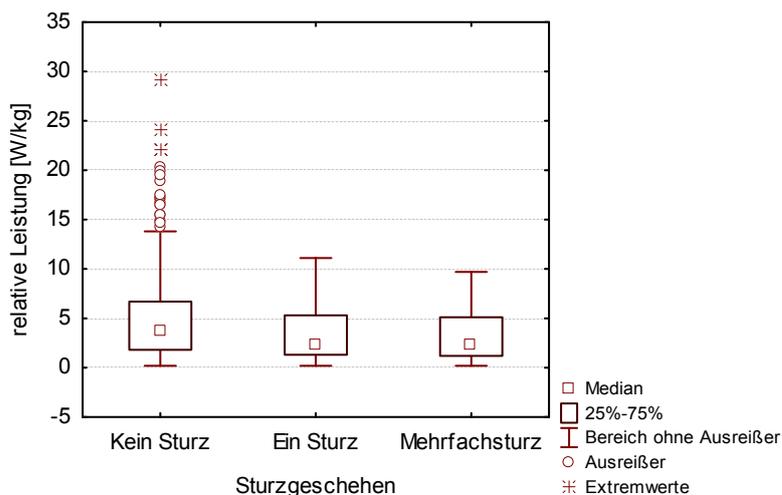


Abb. 10 Box Plot für die relative Leistung im Kniebeugen-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

4.4 Absolute Maximalkraft

Chair-Rise-Test

Die absolute Maximalkraft der Stichprobe beträgt im Mittel $1338,34 \text{ N} \pm 280,07$. Die Frauen erreichten durchschnittlich eine Maximalkraft von $1259,09 \text{ N} \pm 248,27$. Die Männer liegen bei $1506,75 \text{ N} \pm 269,87$. Die Geschlechter unterscheiden sich mit einem p-Wert $< 0,0001$ hochsignifikant.

Der Kraftunterschied über die Jahre ist bei den Männern insgesamt stärker ausgeprägt. Er beträgt $327,20 \text{ N}$ (20,6%), bei den Frauen beträgt er $204,73 \text{ N}$ (15,5%). Wie Abbildung 11 zu entnehmen ist, setzt eine deutliche Kraftminderung von etwa 6% bei beiden Geschlechtern ab dem 60. Lebensjahr ein. Beim männlichen Geschlecht ist der größte Kraftverlust mit $205,75 \text{ N}$ (12,9%) vor allem zwischen den letzten beiden Dekaden zu verzeichnen.

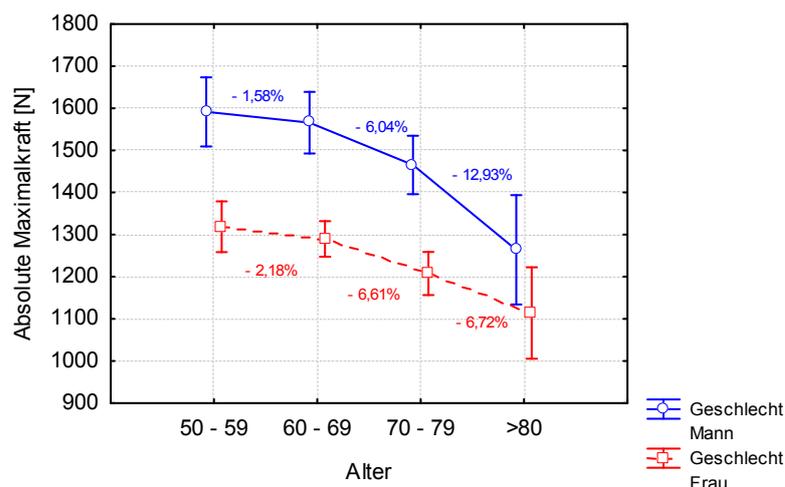


Abb. 11 Verteilung der Mittelwerte der absoluten Maximalkraft im Chair-Rise-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Kraftabnahme pro Dekade).

Die Absolutkraft bei Teilnehmern, die nicht gestürzt sind, liegt im Mittel bei 1352,58 N ± 284,96. Bei Teilnehmern, die einmal gestürzt sind, beträgt sie 1257,82 N ± 247,45. Teilnehmer, die mehrmals gestürzt sind, bringen eine durchschnittliche absolute Maximalkraft von 1242,23 N ± 219,66 auf. Mit einem p-Wert < 0,05 unterscheiden sich Teilnehmer, die nicht gestürzt sind, schwach signifikant von Teilnehmern, die einmal gestürzt sind (vgl. Abbildung 12). Für die anderen Gruppenvergleiche ergeben sich keine Signifikanzen.

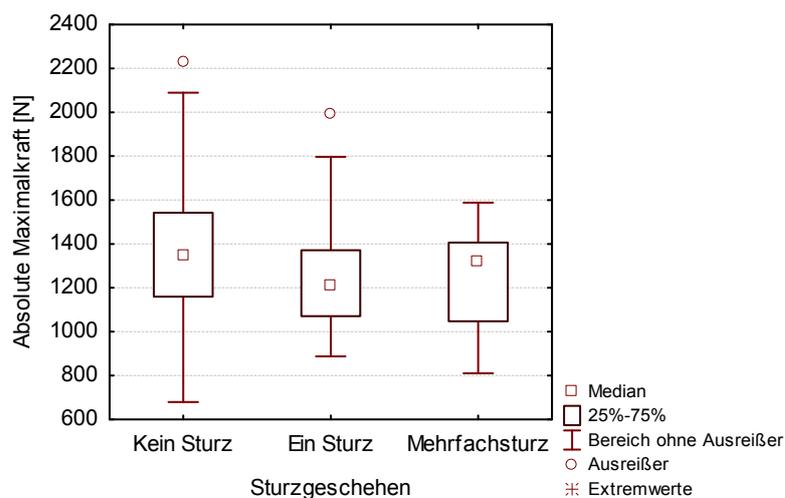


Abb.12 Boxplot für die absolute Maximalkraft im Chair-Rise-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

Kniebeugen-Test

Die absolute Maximalkraft aller Probanden im Kniebeugen-Test liegt im Mittel bei 1122,30 N \pm 253,51. Die Maximalkraft beträgt bei männlichen Teilnehmern durchschnittlich 1283,01 N \pm 263,39. Bei den Frauen beträgt sie durchschnittlich 1047,92 N \pm 211,14. Mit einem p-Wert $<$ 0,0001 unterscheiden sich die Geschlechter hochsignifikant.

Auch hier ist der Kraftverlust im gesamten Verlauf durchschnittlich bei den männlichen Probanden mit 404,91 N (28,6%) höher als bei den weiblichen Probanden mit einem Kraftverlust von 226,24 N (19,7%). Die Prozentangaben beziehen sich auf den Ausgangswert der ersten Altersgruppe. Bei den Männern ist ein deutlicher Kraftverlust um 162,81 N (11,5%) ab dem 60. Lebensjahr zu verzeichnen. Bei den Frauen ist im Kniebeugentest ein prägnanter Rückgang der Maximalkraft um 101,14 N (8,8%) bereits im Vergleich der ersten beiden Altersgruppen zu beobachten (vgl. Abbildung 13).

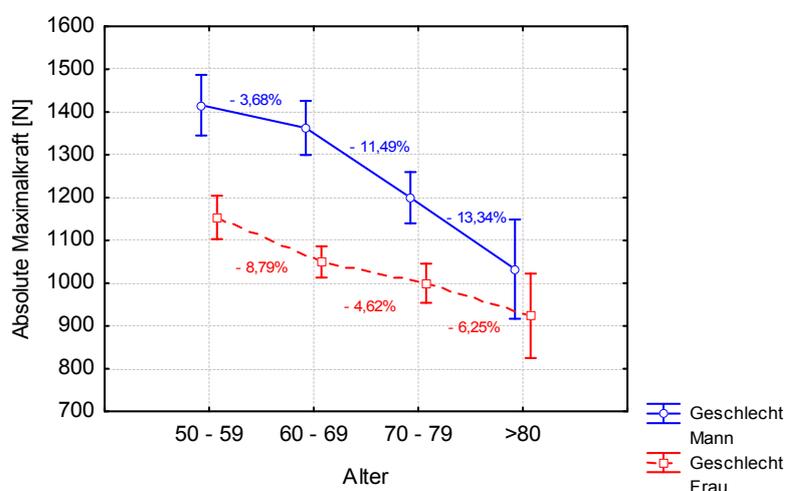


Abb. 13 Verteilung der Mittelwerte der absoluten Maximalkraft im Kniebeugen-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Kraftabnahme pro Dekade).

Die mittlere absolute Maximalkraft von Teilnehmern, die nicht gestürzt sind, beträgt 1139,24 N \pm 260,27. Teilnehmer mit einem Sturz in der Vorgeschichte erbrachten durchschnittlich eine absolute Maximalkraft von 1031,30 N \pm 207,17.

Probanden mit mehreren Stürzen liegen durchschnittlich bei einer Maximalkraft von $1037,74 \text{ N} \pm 167,30$ (vgl. Abbildung 14). Beim Vergleich der mittleren Ränge aller Gruppen ist der Unterschied mit einem p-Wert $< 0,05$ nur zwischen mehrfach und nicht gestürzten Personen schwach signifikant. Beim Vergleich der anderen Teilnehmergruppen ergeben sich keine Signifikanzen.

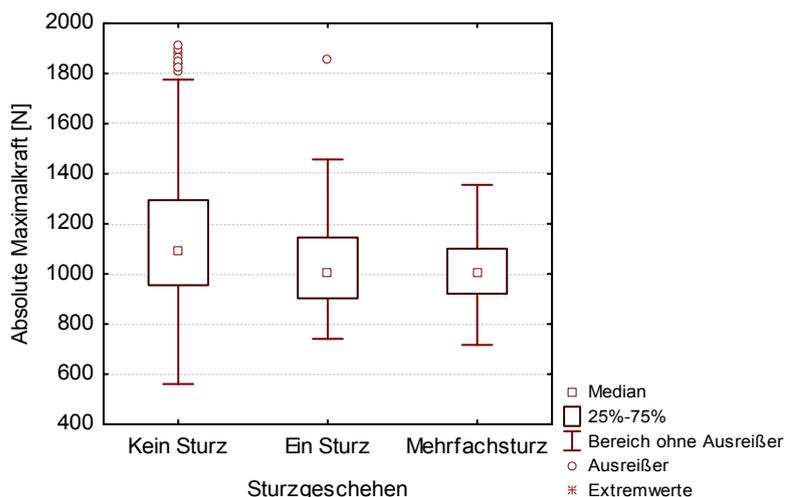


Abb.14 Box Plot für die absolute Maximalkraft im Kniebeugen-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

4.5 Relative Maximalkraft

Chair-Rise-Test

Der Mittelwert der relativen Maximalkraft beträgt für alle Teilnehmer $1,82 \pm 0,34$. Für die Männer liegt der Mittelwert bei $1,85 \pm 0,30$ und für die Frauen bei $1,80 \pm 0,35$. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist nicht signifikant. Betrachtet man Abbildung 15, so fällt auf, dass die relative Maximalkraft in der Gruppe der 50 bis 59-Jährigen für beide Geschlechter in etwa gleich ist (Männer: $1,94 \text{ N/kg KG} \pm 0,32$; Frauen: $1,95 \text{ N/kg KG} \pm 0,34$). Weibliche Teilnehmer fallen im Verlauf in ihrer Kraft etwas früher zurück, männliche Probanden verlieren insbesondere ab dem 70. Lebensjahr an Kraft. Bei den über 80-Jährigen beträgt die relative Maximalkraft für die Frauen $1,61 \pm 0,30$, für die Männer beträgt sie $1,67 \pm 0,31$. Das entspricht einem ähnlichen

prozentualen Rückgang der Kraft ab dem 50. Lebensjahr von 0,34 (17,5%) bei den Frauen und von 0,27 (13,9%) bei den Männern.

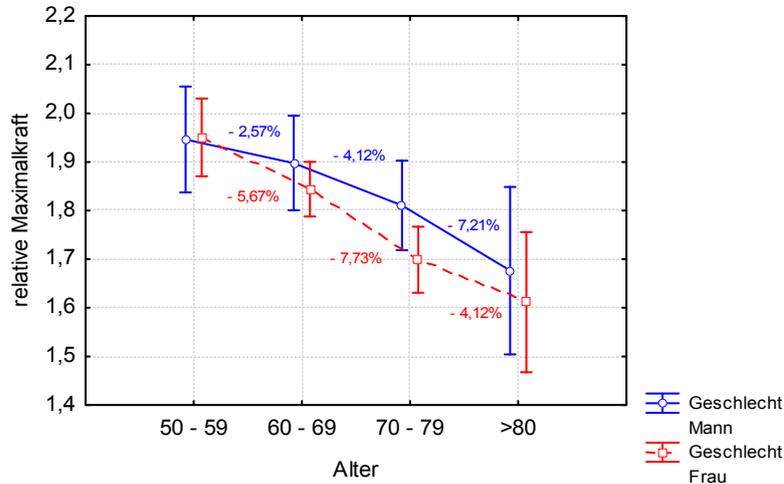


Abb. 15 Verteilung der Mittelwerte der relativen Maximalkraft im Chair-Rise-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Kraftabnahme pro Dekade).

Der Mittelwert für die Gruppe „Kein Sturz“ liegt bei $1,84 \pm 0,34$ und. Für die Gruppen „Ein Sturz“ und „Mehrfachsturz“ liegen die Mittelwerte bei $1,73 \pm 0,27$ und $1,69 \pm 0,26$ (vgl. Abbildung 16). Im Kruskal-Wallis-Test besteht mit einem p-Wert $< 0,05$ zwar ein schwach signifikanter Unterschied im Vergleich von Sturzgeschehen und Nicht-Sturzgeschehen, die einzelnen Sturzgruppen weisen untereinander jedoch keine signifikanten Unterschiede auf.

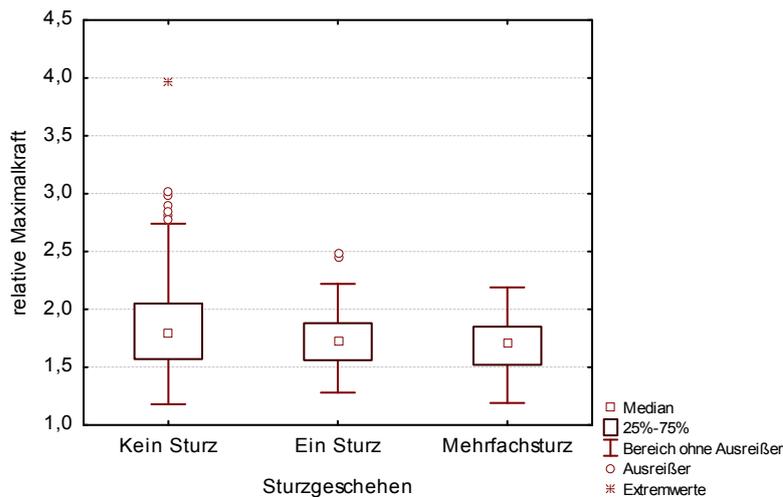


Abb. 16 Box Plot für die relative Maximalkraft im Chair-Rise-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

Kniebeugen-Test

Die relative Maximalkraft beträgt im Mittel $1,51 \pm 0,26$. Mit einem p-Wert $< 0,01$ unterscheiden sich die Geschlechter signifikant. Die relative Maximalkraft liegt bei Männern im Durchschnitt bei $1,56 \pm 0,27$. Bei Frauen liegt sie bei $1,49 \pm 0,25$.

In der ersten Alterstufe erbringen beide Geschlechter eine ähnliche relative Maximalkraft. Die Frauen fallen auch in diesem Test in der Kraft etwas früher zurück, in der Alterstufe der über 80-Jährigen nähert sich das Kraftverhältnis zwischen Mann und Frau allerdings wieder an. Der Unterschied zwischen der ersten und der letzten Alterstufe beträgt bei den Männern insgesamt 0,40 (23,4%), bei den Frauen 0,38 (22,5%) (vgl. Abbildung 17).

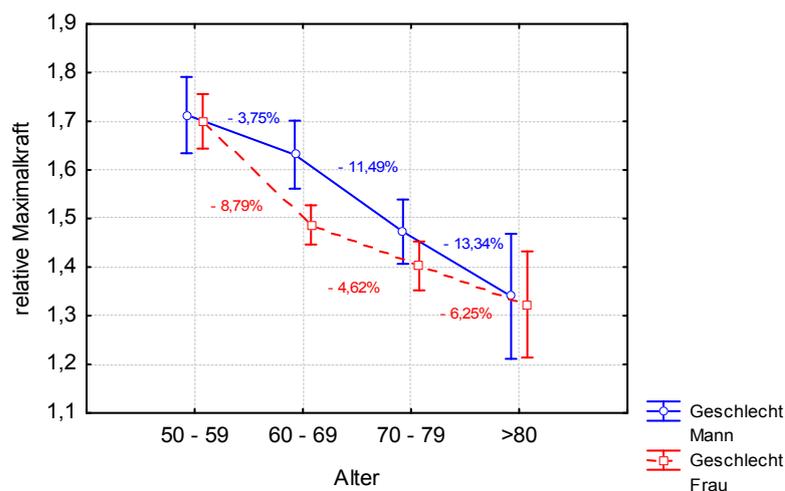


Abb. 17 Verteilung der Mittelwerte der relativen Maximalkraft im Kniebeugen-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Kraftabnahme pro Dekade).

Teilnehmer, die mindestens einmal in den letzten zwölf Monaten gestürzt sind, haben im Mittel eine relative Maximalkraft von $1,40 \pm 0,15$. Bei Probanden, die mehrfach stürzten, beträgt die mittlere relative Maximalkraft $1,40 \pm 0,17$. Bei Teilnehmern, die nicht gestürzt sind, beträgt der Mittelwert $1,53 \pm 0,27$ (Abbildung 18). Der Unterschied zwischen den Gruppen „Kein Sturz“ und „Ein Sturz“ ist mit einem p-Wert $< 0,01$ signifikant (vgl. Abbildung 18). Zwischen nicht und mehrfach gestürzten Personen kann das Ergebnis mit einem p-Wert = 0,05 nicht mehr als signifikant gewertet werden. Zwischen einfach und mehrfach gestürzten Personen findet sich ebenfalls kein signifikantes Ergebnis.

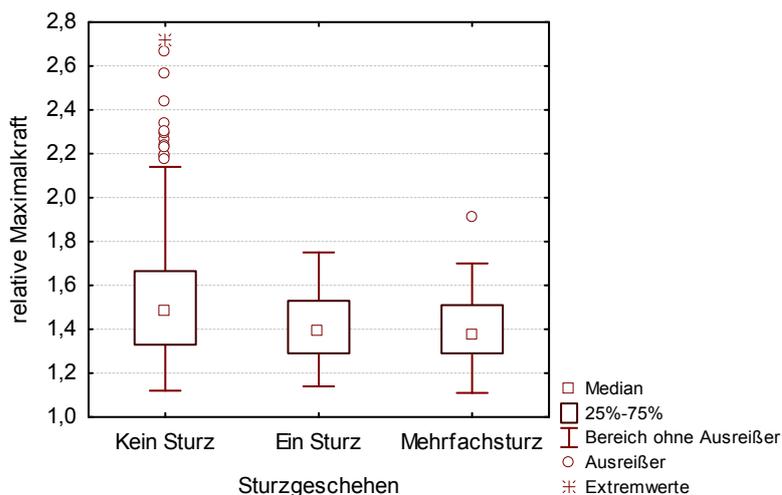


Abb. 18 Box Plot für die relative Maximalkraft im Kniebeugen-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen.

4.6 Die Zeit im Chair-Rise-Test

Der Chair-Rise-Test wurde im Mittel in einer Zeit von $9,19 \text{ s} \pm 2,15$ durchgeführt. Männer benötigten $9,16 \text{ s} \pm 1,95$ und Frauen $9,21 \text{ s} \pm 2,24$, wobei Frauen den Aufstehetest bis zum 69. Lebensjahr in einer durchschnittlich kürzeren Zeit vollführten als Männer. Zwischen den beiden Geschlechtern besteht kein signifikanter Unterschied.

Mit zunehmendem Alter benötigten die Probanden mehr Zeit zur Absolvierung des Tests (vgl. Abbildung 19). Insbesondere im Vergleich der letzten beiden Gruppen erkennt man einen sprunghaften Anstieg bei beiden Geschlechtern. In der Gruppe der über 80-Jährigen liegen die Frauen schließlich bei $11,84 \text{ s} \pm 3,18$, die Männer bei $10,75 \text{ s} \pm 2,02$.

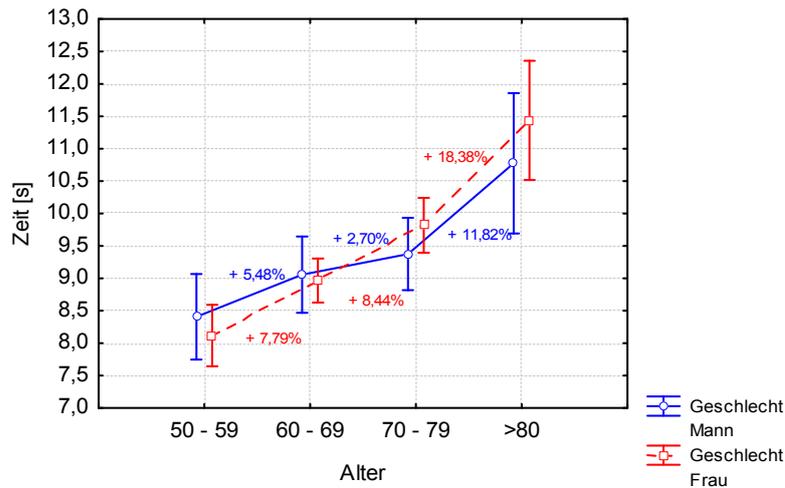


Abb. 19 Verteilung der Mittelwerte der benötigten Zeit im Chair-Rise-Test in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Zeitzunahme pro Dekade).

Teilnehmer die einmal gestürzt sind, benötigten im Mittel $9,74 \text{ s} \pm 2,63$. Teilnehmer, die mehrmals stürzten, benötigten durchschnittlich $10,73 \text{ s} \pm 2,90$ und Teilnehmer ohne Sturzgeschehen $9,06 \text{ s} \pm 2,01$ (vgl. Abbildung 20). Die Gruppen unterscheiden sich mit einem p-Wert $<0,05$ zwar schwach signifikant im Kruskal-Wallis-Test, im Vergleich der einzelnen Gruppen ergeben sich jedoch keine signifikanten Werte. Unter den sechs Personen, die den Test nicht unter den entsprechenden Vorgaben durchführen konnten, sind zwei Personen in den letzten zwölf Monaten gestürzt.

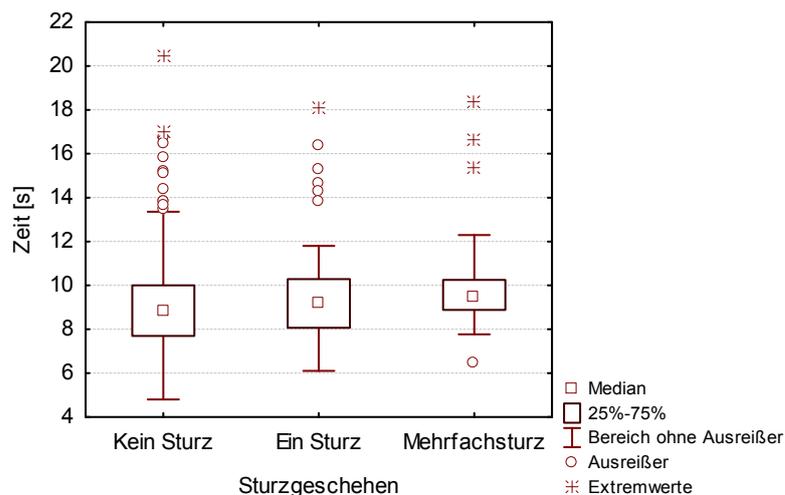


Abb. 20 Box Plot für den Faktor Zeit im Chair-Rise-Test; gruppiert nach dem Sturzgeschehen

4.7 Handkraft

Der Mittelwert für die Handkraft beträgt $299,19 \text{ N} \pm 91,71$. Dabei liegt der mittlere Wert für die Frauen bei $254,08 \text{ N} \pm 52,86$, für die Männer bei $394,68 \text{ N} \pm 82,96$. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist mit einem p-Wert $< 0,0001$ hochsignifikant.

Vergleicht man die Mittelwerte der Gruppe der 50 bis 59-Jährigen mit den Mittelwerten der Gruppe der über 80-Jährigen, so findet sich bei den Männern im Vergleich zum Ausgangswert ein Verlust von $111,64 \text{ N}$ (25,5%), bei den Frauen ein Verlust von $106,82 \text{ N}$ (36,9%).

Bei den Frauen zeigt sich vor allem in den letzten beiden Altersgruppen ein deutlicher Unterschied in der Kraft. Beträgt die Differenz der Altersgruppen bis zum 70. Lebensjahr noch $29,27 \text{ N}$ (10,1%) bzw. $27,64 \text{ N}$ (9,5%), so findet sich im Vergleich der letzten beiden Dekaden ein Unterschied von $49,91 \text{ N}$ (17,2%).

Bei den Männern liegt der Unterschied der ersten beiden Gruppen bei $22,99 \text{ N}$ (5,3%), die Gruppen der 60 bis 69-Jährigen und 70 bis 79-Jährigen differieren um einen Wert von $42,83 \text{ N}$ (9,8%). Zwischen den letzten beiden Gruppen findet sich ein ähnlicher Kraftverlust von $45,82 \text{ N}$ (10,5%) (vgl. Abbildung 21).

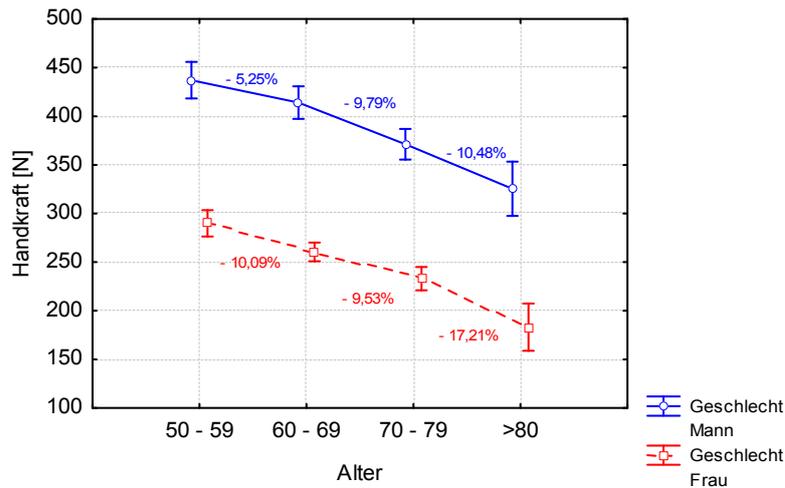


Abb. 21 Verteilung der Mittelwerte der Handkraft in den verschiedenen Altersstufen, gruppiert nach dem Geschlecht (Die vertikalen Balken zeigen die 0,95 Konfidenzintervalle; die Prozentangaben beziehen sich auf die Kraftabnahme pro Dekade).

Die durchschnittliche Handkraft für die Gruppe „Kein Sturz“ liegt bei 304,67 N ± 93,66. Für die Gruppe „Ein Sturz“ liegt er bei 265,20 N ± 78,04 und für die Gruppe „Mehrfachsturz“ bei 282,68 N ± 70,75 (vgl. Abbildung 22). Dabei unterscheiden sich Teilnehmer mit keinem Sturz mit einem p-Wert < 0,05 schwach signifikant von Teilnehmern mit einem Sturz. Im Vergleich der anderen Gruppen ergeben sich keine weitere Signifikanzen.

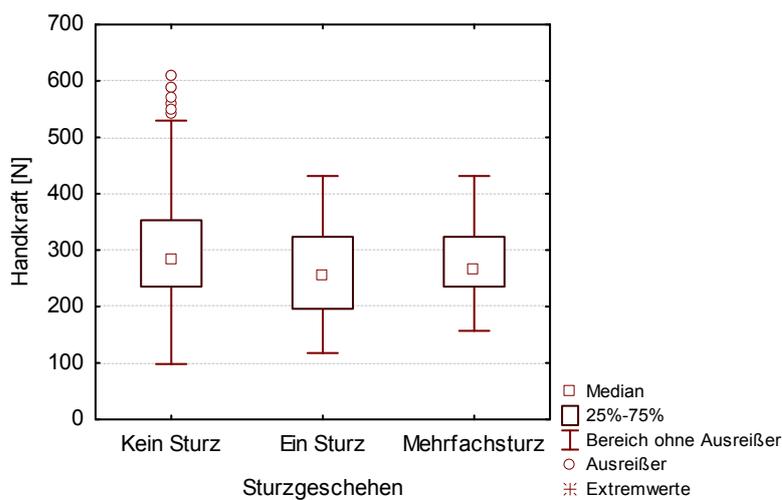


Abb. 22 Box Plot für die Handkraft; gruppiert nach dem Faktor Sturzgeschehen.

Die absolute Maximalkraft der unteren Extremität, korreliert mit $r = 0,48$ (Chair-Rise-Test) und $r = 0,54$ (Kniebeugen-Test) nur mäßig mit der Handkraft. Auch zwischen Handkraft und der relativen Bewegungsleistung der unteren Extremitäten besteht nur eine mäßige Korrelation von $r = 0,49$ (Chair-Rise-Test) und $r = 0,40$ (Kniebeugen-Test).

4.8 Auswertung des Fragebogen

Da der χ^2 -Test nach Pearson bei einer Aufteilung in die drei Gruppen „Kein Sturz“, „Ein Sturz“ und „Mehrfachsturz“ bei vielen Faktoren aufgrund der Cochran-Regel¹ an Validität verliert, wurde bei der Auswertung des Fragebogens häufig in nur zwei Gruppen („Sturz“ und „Kein Sturz“) eingeteilt.

Die Anzahl n der Teilnehmer schwankt in den jeweiligen Gruppen, da die Fragen nicht von jeder Person beantwortet wurden. Signifikante Ergebnisse werden in den Tabellen mit einem Stern gekennzeichnet.

4.8.1 Medikamente

Die Auswertung der im Fragebogen erfassten Medikamente ergibt nur bei Antidepressiva mit einem p -Wert $< 0,05$ eine schwache Signifikanz, ansonsten finden sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Medikamenten und dem Sturzgeschehen. Die Tabellen 1 und 2 geben eine Übersicht über die Häufigkeiten und p -Werte bei Teilnehmern, die gestürzt sind und Teilnehmern, die nicht gestürzt sind.

Tab. 1 Übersicht über die allgemeine Medikamenteneinnahme in den jeweiligen Sturzgruppen

	Kein Sturz n = 382	Ein Sturz n = 47	Mehrfachsturz n = 23	p-Wert
Medikamente allg.	267 (69,9%)	33 (70,2%)	20 (87,0%)	0,21

Von 8 Personen keine Angabe

¹ Cochran-Regel: Voraussetzung für die Validität des Tests ist, dass bei mindestens 80% der Zellen keine erwarteten Häufigkeiten kleiner als fünf sind und kein Erwartungswert kleiner als eins ist.

Tab. 2 Häufigkeitsverteilung spezifischer Medikamentengruppen in den Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“

Medikamente	Kein Sturz n=373	Sturz n=70	p-Wert
Beruhigungs- /Schlaftabletten	27 (7,2%)	8 (11,4%)	0,23
Antiepileptika	6 (1,6%)	0 (0,0%)	0,59
Antidepressiva	7 (1,9%)	5 (7,1%)	0,027*
Neuroleptika	5 (1,3%)	1 (1,4%)	1,0

Von 16 Personen keine Angabe

Betrachtet man Personen, die mehr als drei Medikamente einnehmen, so ergibt sich allerdings im Vergleich der Sturzgruppen mit einem p-Wert < 0,001 eine hochsignifikante Abhängigkeit (vgl. Tabelle 3).

Tab. 3 Anzahl von Personen, die mehr als drei Medikamente einnehmen

	Kein Sturz n= 383	Ein Sturz n= 47	Mehrfach- sturz n = 23	p-Wert
Mehr als drei Medikamente	68 (17,8%)	16 (34,0%)	10 (43,5%)	0,0007*

Von 6 Personen keine Angabe

4.8.2 Chronische Erkrankungen

Die Tabellen 4 und 5 zeigen die Häufigkeitsverteilung sturzrelevanter chronischer Erkrankungen. Signifikanz ergibt sich dabei nur für die chronischen Erkrankungen im Allgemeinen (p-Wert < 0,01), wobei insbesondere Mehrfachstürzer (82,61%) angeben, an einer chronischen Erkrankung zu leiden.

Tab. 4 Übersicht über das Vorkommen chronischer Erkrankungen im Allgemeinen in den jeweiligen Sturzgruppen

	Kein Sturz n = 376	Ein Sturz n = 46	Mehrfachsturz n = 23	p-Wert
Chronische Erkrankungen allg.	175 (46,5%)	24 (52,2%)	19 (82,6%)	0,003*

Von 14 Personen keine Angabe

Tab. 5 Häufigkeitsverteilung spezieller chronischer Erkrankungen in den Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“

Chronische Erkrankung	Kein Sturz n=375	Sturz n=70	p-Wert
Apoplex	11 (2,9%)	3 (4,3%)	0,46
Polyneuropathie	16 (4,3%)	7 (10,0%)	0,07
M. Parkinson	2 (0,5%)	1 (1,4%)	0,40
Depression	9 (2,40%)	3 (4,3%)	0,41
Merkfähigkeitsstörung	25 (6,7%)	8 (11,4%)	0,20
Andere	91 (24,3%)	17 (24,3%)	1,00

Von 14 Personen keine Angabe

4.8.3 Osteoporose

Zwischen der anamnestischen Angabe von Osteoporose und der Frakturrate kann kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (vgl. Tabelle 6).

Tab.6 Vorkommen von Osteoporose in den Gruppen „Fraktur“ und „Keine Fraktur“

	Keine Fraktur n = 431	Fraktur n = 13	p-Wert
Osteoporose	42 (9,7%)	3 (23,1%)	0,13

Von 15 Personen keine Angabe

4.8.4 Cortison

Zwischen der Frakturnrate und der Einnahme von Cortison kann kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (vgl. Tabelle 7).

Tab. 7 Cortisoneinnahme in den Gruppen „Fraktur“ und „Keine Fraktur“

	Keine Fraktur n = 430	Fraktur n = 13	p-Wert
Cortison	16 (3,7%)	1 (7,7%)	0,40

Von 16 Personen keine Angabe

4.8.5 Alltagseinschränkung

In Bezug auf Alltagseinschränkungen im Allgemeinen unterscheiden sich die Gruppen mit einem p-Wert < 0,00001 hochsignifikant. Bei Probanden mit mehreren Stürzen in der Vorgeschichte fühlen sich sogar 87% bei täglichen Verrichtungen eingeschränkt. Betrachtet man die Angaben zu Alltagseinschränkungen separat, so ergeben sich im Vergleich der Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“ signifikante Zusammenhänge für die Faktoren „Badewanne“, „Gehsteig/ Bordsteinkante“ „Überqueren der Straße“ und „Treppensteigen“ (p-Wert < 0,01). Die Tabellen 8 und 9 geben einen Überblick.

Tab. 8 Übersicht über das Vorkommen von Alltagseinschränkungen im Allgemeinen in den jeweiligen Sturzgruppen

	Kein Sturz n = 382	Ein Sturz n = 46	Mehrfachsturz n = 23	p-Wert
Alltagseinschränkungen allg.	125 (32,7%)	17 (37,0%)	20 (87,0%)	0,000001*

Von 8 Personen keine Angabe

Tab. 9 Häufigkeitsverteilung verschiedener Alltagseinschränkungen in den Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“

Alltagseinschränkung	Kein Sturz n=387	Sturz n=71	p-Wert
Wohnung	6 (1,6%)	4 (5,6%)	0,55
Badewanne	48 (12,6%)	18 (25,4%)	0,009*
Aufstehen vom Stuhl	32 (8,4%)	9 (12,7%)	0,25
Treppensteigen	73 (19,1%)	24 (33,8%)	0,007*
Gehsteig/Bordsteinkante	22 (5,8%)	13 (18,3%)	0,001*
Überqueren der Straße	18 (4,7%)	10 (14,1%)	0,005*
Einkaufen	8 (2,1%)	0 (0,0%)	0,61
Spazieren in der Natur	16 (4,2%)	6 (8,5%)	0,13

Von 1 Person keine Angabe

4.8.6 Subjektives Gesundheitsgefühl

Da auch bei Zusammenlegen einzelner Kategorien die Cochran-Regel nicht erfüllt ist, wird hier auf eine Auswertung verzichtet. In Abbildung 23 wird ersichtlich, dass Probanden, die mehrfach gestürzt sind, ihren Gesundheitszustand häufig schlechter einschätzen als Teilnehmer der anderen Gruppen. Hingegen liegt bei Probanden ohne Sturzgeschehen der Anteil an Personen mit subjektiv gutem Gesundheitszustand am höchsten.

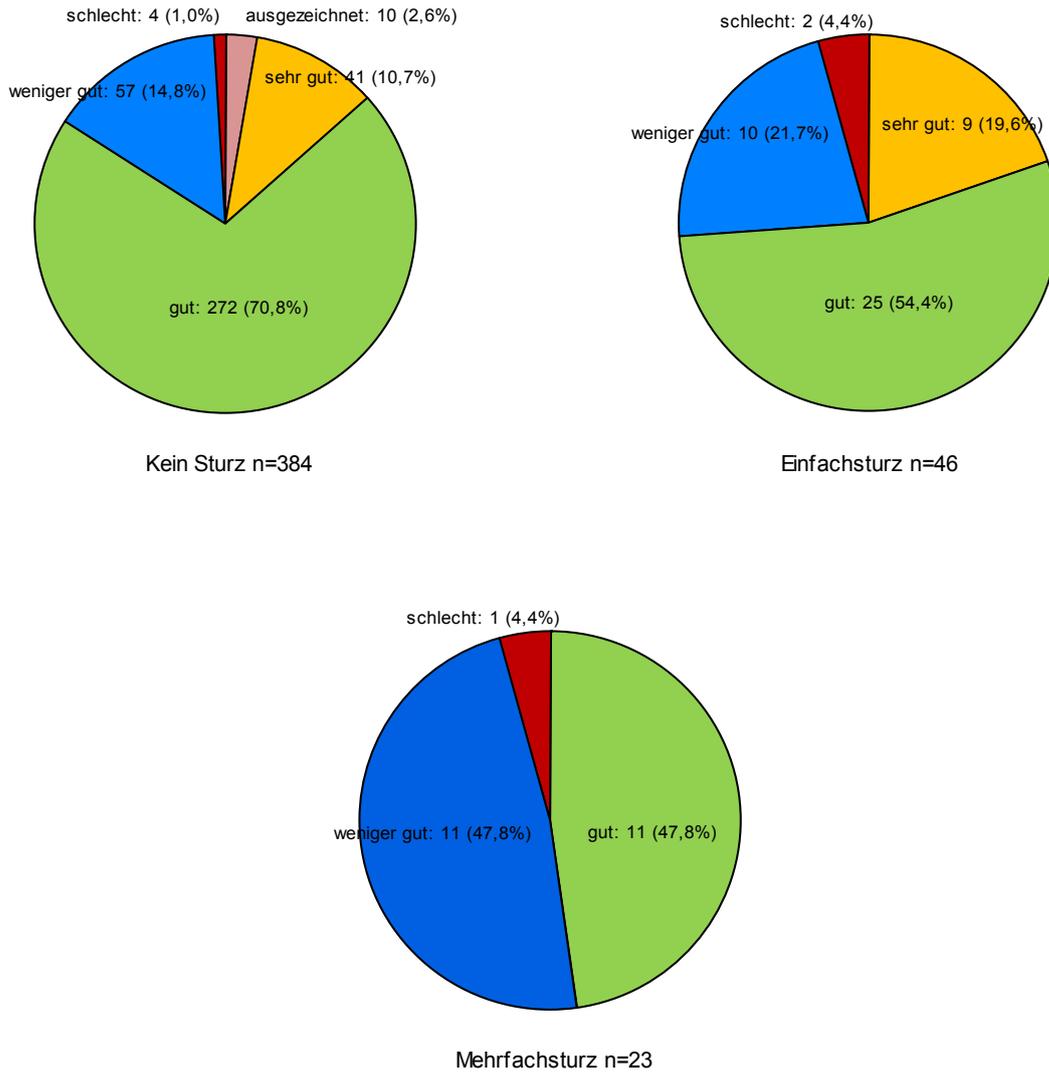


Abb. 23 Subjektives Gesundheitsgefühl, kategorisiert nach Sturzgruppen.

Von 6 Personen keine Angabe

4.8.7 Subjektive Einschätzung der körperlichen Aktivität

Im Bezug auf die eigene körperliche Aktivität schätzten sich die Probanden der verschiedenen Sturzgruppen in etwa ähnlich ein (vgl. Abbildung 25). Ein signifikanter Unterschied besteht nicht.

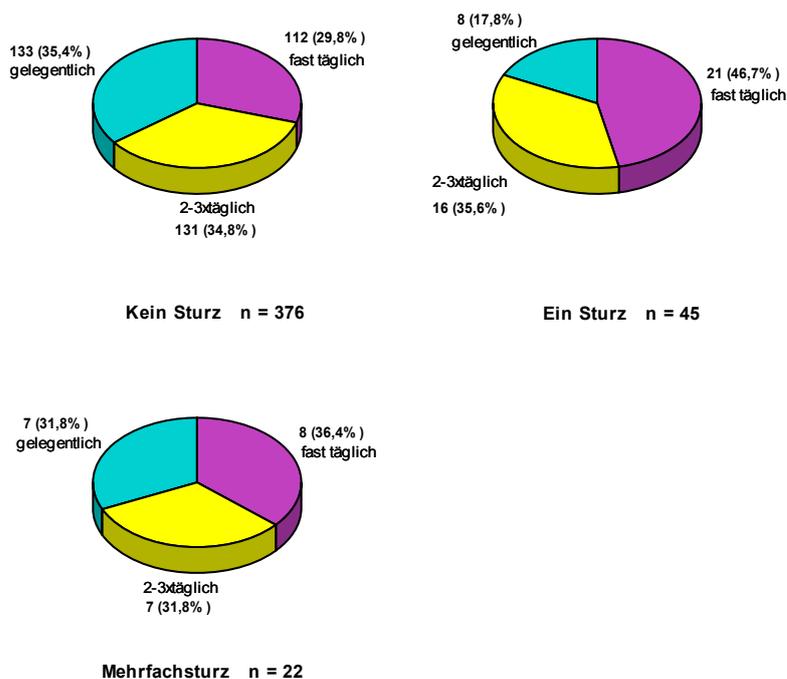


Abb. 25 Subjektive Einschätzung der körperlichen Aktivität, kategorisiert nach Sturzgruppen.

Von 16 Personen keine Angabe

4.8.8 Sonstige Risikofaktoren

Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die Häufigkeitsverteilung verschiedener Risikofaktoren in den jeweiligen Sturzgruppen.

Bei den Faktoren „Gelenkprobleme an den unteren Extremitäten“ und „Operationen an den unteren Extremitäten“ wird auf eine weitere Einteilung in Hüfte, Knie und Fuß, wie sie im Fragebogen zu finden ist, verzichtet, da die einzelnen Gruppierungen für eine Auswertung teilweise eine zu geringe Stichprobenzahl enthalten.

Wie man der Tabelle entnehmen kann, bestehen für die Risikofaktoren „Gelenkprobleme an den unteren Extremitäten“ ($p < 0,01$), „Angst zu stürzen“ ($p < 0,0001$) und „Schwindel/Gleichgewichtsstörungen“ ($p < 0,01$) signifikante bzw. hochsignifikante Zusammenhänge mit dem Sturzgeschehen. Für die anderen Risikofaktoren ergeben sich keine Signifikanzen.

Tab. 10 Übersicht über die Häufigkeitsverteilung verschiedener Risikofaktoren in den jeweiligen Sturzgruppen

	Kein Sturz n= 377	Ein Sturz n= 43	Mehrfachsturz n = 22	p-Wert
Gelenkprobleme an den unteren Extremitäten	174 (46,2%)	27 (62,8%)	16 (72,7%)	0,008*
Von 17 Personen keine Angabe				
	Kein Sturz n= 377	Ein Sturz n= 44	Mehrfachsturz n = 23	p-Wert
Operationen an den unteren Extremitäten	109 (28,9%)	13 (29,6%)	9 (39,1%)	0,58
Von 15 Personen keine Angabe				
	Kein Sturz n= 386	Ein Sturz n= 47	Mehrfachsturz n = 22	p-Wert
Brille (keine Lesebrille)	284 (73,6%)	36 (76,6%)	19 (86,4%)	0,38
Von 4 Personen keine Angabe				
	Kein Sturz n= 370	Ein Sturz n= 45	Mehrfachsturz n = 21	p-Wert
Subjektive Beeinträchtigung durch Sehprobleme	91 (24,6%)	14 (31,1%)	7 (33,3%)	0,45
Von 23 Personen keine Angabe				

	Kein Sturz n= 387	Ein Sturz n= 46	Mehrfachsturz n = 22	p-Wert
Verschlechterung des Sehvermögens im letzten Jahr	128 (33,9%)	17 (37,0%)	10 (45,5%)	0,51
Von 4 Personen keine Angabe				

	Kein Sturz n= 384	Ein Sturz n= 47	Mehrfachsturz z n = 23	p-Wert
Schwindel/ Gleichgewichtsstörungen	154 (40,1%)	23 (48,9%)	17 (73,9%)	0,004*
Von 5 Personen keine Angabe				

	Kein Sturz n= 381	Ein Sturz n= 45	Mehrfachsturz n = 23	p-Wert
Angst zu stürzen	96 (25,20%)	22 (48,89%)	15 (65,22%)	0,000003*
Von 10 Personen keine Angabe				

Da nur eine geringe Anzahl von Probanden Gehhilfsmittel benützt, wird hier auf eine Unterteilung in die einzelnen Hilfsmittel (siehe Fragebogen) und die Einteilung in drei Sturzgruppen verzichtet. Bezüglich der Benutzung von Hilfsmitteln ergibt sich zwischen den Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“ keine Signifikanz (vgl. Tabelle 11).

Tab. 11 Verwendung von Gehhilfsmitteln in den Gruppen „Sturz“ und „Kein Sturz“

	Kein Sturz n= 385	Sturz n= 69	p-Wert
Gehhilfsmittel	11 (2,9%)	5 (7,3%)	0,08
Von 5 Personen keine Angabe			

5 Diskussion

5.1 Kraftverlust im Alter

Betrachtet man die durchschnittliche maximale Kraft in jeder Altersdekade, so lässt sich unabhängig von der Testart ein stetiger Kraftverlust verzeichnen, der in Übereinstimmung mit der Literatur bei beiden Geschlechtern weitgehend parallel verläuft (*Weiß 2009*).

In den beiden Testformen für die unteren Extremitäten, dem Chair-Rise-Test und dem Kniebeugen-Test, verlieren Männer insgesamt mehr an absoluter Maximalkraft als Frauen. Andere Studien beschreiben ebenfalls, dass Männer im höheren Erwachsenenalter im Vergleich zu Frauen sowohl absolut als auch prozentual gesehen einen größeren Kraftverlust aufweisen (*Hughes et al. 2001, Rikli u. Jones 1999b*).

Betrachtet man allerdings die Kraft im Verhältnis zum Körpergewicht (relative Maximalkraft), so haben Frauen in der 50. Lebensdekade ein ähnliches Kraftniveau wie Männer und auch im Kraftverlust unterscheiden sich die Geschlechter insgesamt gesehen nur geringfügig. Auch *Doherty (2001)* beschreibt einen ähnlichen Rückgang der Muskelkraft bei den Geschlechtern, wenn man die Muskelmasse einbezieht.

Bei Frauen wird der Kraftverlust in den durchgeführten Testformen im Allgemeinen bereits früher deutlich. In anderen Untersuchungen finden sich ähnliche Beobachtungen (*Winegard et al. 1996, Hurley 1995, Doherty 2001*).

In dieser Studie beträgt die Differenz der absoluten Maximalkraft zwischen der 5. und 8. Lebensdekade in beiden Testarten je nach Geschlecht zwischen 15% bis 29%.

Young et al. (1984 und 1985) untersuchten bei Menschen im Alter von 20 bis 80 Jahren die isometrische Kraft des Quadrizepsmuskels und stellten einen altersbedingten Kraftunterschied von durchschnittlich 35% bis 39% fest. *Vandervoort (1992)* fasst die Ergebnisse von 18 Untersuchungen zur Ausprägung der isometrischen Kraft unterschiedlicher Muskelgruppen zu-

sammen. Menschen im siebten und achten Lebensjahrzehnt haben danach 20% bis 40% weniger Kraft als jüngere Menschen. Bei noch älteren Menschen kann der Verlust sogar über 50% betragen. Auch *Christ et al. (1992)* sprechen je nach untersuchter Muskelgruppe von einem Rückgang der Kraft von 36% bis 45%. *Skelton et al. (1994)* und *Bassey (1998)* schätzen aufgrund ihrer Untersuchungen den durchschnittlichen Kraftverlust von gesunden Menschen im Altersbereich von 65 bis 84 Jahren auf 1,5% - 2% pro Jahr. *Winegard et al. (1996)* untersuchten die Kraft der Plantar- und Dorsalflexoren und kamen zu ähnlichen Ergebnissen.

Bei der Messung der Handkraft ist der absolute Kraftverlust im Verlauf bei Männern mit 111,64 N und Frauen mit 106,82 N insgesamt ähnlich. Der Unterschied findet sich vor allem in der prozentualen Betrachtung vom Ausgangswert. Dabei ist im Gegensatz zum Chair-Rise- und zum Kniebeugen-Test der Rückgang beim weiblichen Geschlecht stärker ausgeprägt; bei Männern beträgt der Kraftverlust ab der 50. Lebensdekade insgesamt 25,5%, bei Frauen beträgt er 36,9%.

Bassey u. Harris (1993) untersuchten an 920 Testpersonen über 65 Jahren ebenfalls den Rückgang der Handkraft über einen Zeitraum von 4 Jahren und verzeichneten bei Männern einen Rückgang von 12%, bei Frauen einen Kraftverlust von 19%.

In dieser Studie ist der Rückgang der Handkraft pro Dekade im Durchschnitt höher als der Rückgang der absoluten und relativen Maximalkraft der Beine und mit $r = 0,49$ (Chair-Rise-Test) bzw. $r = 0,54$ (Kniebeugen-Test) korrelieren die Werte der Handkraft nur mäßig mit den Werten der Maximalkraft der unteren Extremitäten. Allerdings wurden zur Erfassung der Kraft der oberen und unteren Extremitäten unterschiedliche Test- und Messmethoden verwendet, so dass ein Vergleich nur bedingt gezogen werden kann.

Allgemein ist jedoch bekannt, dass die Kraft von Muskeln verschiedener Körperstellen nur in einer Größenordnung von $r = 0,4$ oder weniger miteinander korrelieren (*Sportmedizin 2009, S. 187*). *Frontera et al. (2000)* untersuchten in

einer Längsschnittstudie über 12 Jahre die Arm- und Beinmuskulatur hinsichtlich Funktion und Größe bei Männern mit hauptsächlich sitzender Tätigkeit und einem mittleren Alter von 65,4 Jahren. Der Kraftverlust der Beuge- und Streckmuskulatur war sowohl in den Armen als auch in den Beinen signifikant, in den Armen lag der Kraftverlust jedoch etwas niedriger (19% bis 26%) als in den Beinen (24% bis 30%).

Auch andere Studien bestätigen, dass der Kraftverlust in der Bein- und Rumpfmuskulatur schneller vonstatten geht als in der Armmuskulatur (*Hollmann 1993, Era et al. 1992, Bohannon 1996, Izquierdo et al. 1999a, Goebel 2002*).

Rantanen et al. (1997) gelangten in ihrer Längsschnittstudie hingegen zu dem Ergebnis, dass der Kraftverlust in den Armen höher ist als in den Beinen. Sie untersuchten die isometrische Maximalkraft der Beinstrecker und Armbeuger mittels Dynamometer von 166 Frauen und Männern ab 75 Jahren. Nach fünf Jahren lag der Kraftverlust in den Beinen zwischen 0,4 % und 1,3 %, in den Armen zwischen 6,8 % und 10,9 %. *Rantanen und Heikkinen (1998b)* maßen bei 80-jährigen Frauen und Männern die Muskelkraft und stellten nach fünf Jahren einen Kraftverlust in den Armen um 13,5-18,5 %, in den Beinen um 7,8-7,9 % fest.

Obwohl die meisten Studien einen höheren Kraftverlust der Beinmuskulatur beschreiben, ist die Sachlage somit nicht völlig klar.

Laut Literatur ist der Kraftverlust bis zu einem Alter von 50 Jahren relativ gering (*Bös 1994, Larsson et al. 1979, Lindle 1997*). Danach ist der Rückgang prägnanter und beschleunigt sich noch im höheren Alter (*Carmelli und Reed 2000, Hughes et al. 2001, Rantanen 1999*).

Auch in vorliegender Untersuchung lässt sich im Vergleich der verschiedenen Altersgruppen meistens ein nochmals deutlicher Kraftverlust ab dem 70. Lebensjahr verzeichnen. Mögliche Ursachen für den Kraftverlust wurden bereits in der Einleitung erläutert.

5.2 Muskelkraft und ihr Vorhersagewert für ein Sturz- vorkommen

Alleine von einem Stuhl aufstehen zu können ist ein wichtiger Faktor für die Unabhängigkeit und Lebensqualität älterer Menschen. Die Funktion der biomechanischen Abläufe ist dabei eine unerlässliche Voraussetzung. Viele Variablen spielen dabei eine Rolle. Hierzu gehören die Balance, die Fußposition, die Stuhlhöhe, das Vorhandensein von Armlehnen sowie die Muskelkraft der oberen und unteren Extremitäten (*Janssen et al. 2002, Riley et al. 1991, Rodosky et al. 1989, Hughes und Schenkman 1996a*).

Skelton et al. (1994a) untersuchten Muskelleistung und Kraft in Abhängigkeit vom Alterungsprozess bei gesunden Älteren von 65 bis 89 Jahren und fanden heraus, dass die Zeit im Aufstehetest von der Muskelleistung und Muskelkraft der unteren Extremitäten beeinflusst wird.

Hughes et al. (1996b, 1996c) zeigten, dass ältere Menschen 97% ihrer maximalen isometrischen Kraft aufbringen müssen, um sich aus einem Stuhl zu erheben. Junge Menschen benötigen nur 39%. Aus ihren Untersuchungen folgerten sie, dass die Kraft der Knieextensoren ein limitierender Faktor für das Aufstehen vom Stuhl ist. In ihrer Studie bestätigten sie, dass auch die Balance eine wesentliche Rolle bei der Durchführung des Chair-Rise-Tests spielt. Allerdings scheint die Muskelkraft der stärkere Prädiktor zu sein. *Schenkman et al. (1996)* teilen diese Ansicht.

Yamada und Demura (2009) untersuchten die Beziehungen zwischen der Bodenreaktionskraft während einer „Sit-to-Stand“-Bewegung, körperlicher Leistungsfähigkeit und dem Sturzrisiko. Die körperliche Leistungsfähigkeit und das Sturzrisiko korrelierten dabei signifikant mit Parametern der Kraftausübung während der „Sit-to-Stand“-Bewegung.

Andere Studien bestätigen ebenfalls die Rolle der Muskelkraft beim Aufstehen von einem Stuhl (*Bassey et al. 1992, Ferrucci et al. 1997, Moxley et al. 1999*).

In vorliegender Studie zeigen gestürzte Personen sowohl im Chair-Rise-Test als auch im Kniebeugen-Test in der absoluten und in der relativen Maximalkraft ein geringeres Kraftniveau als Personen ohne Sturzanamnese. Auch wenn die Unterschiede in der Kraft nicht groß sind, lässt sich bei teilweise schwach

signifikanten Ergebnissen zumindest eine Tendenz erkennen. Einfach und mehrfach gestürzte Probanden weisen in den Tests ein ähnliches Kraftvermögen auf.

Schneider et al. (2009) verwendeten dieselbe Posturographie-Plattform und konnten bei einer Zahl von 1720 Teilnehmern zwischen 50 und 90 Jahren mit einem p-Wert < 0.001 einen signifikanten Zusammenhang zwischen Sturzgeschehen und erbrachter Maximalkraft im Kniebeugen-Test nachweisen. Andere Studien konnten ebenfalls belegen, dass Sturzrisiko und funktionelle Prognose mit der Muskelkraft der unteren Extremitäten korrelieren (*Roubenoff 2000, Fried et al. 2001, Guralnik et al. 1995*).

Somit hätte auch in der vorliegenden Arbeit eine größer angelegte Studie möglicherweise zu stärker signifikanten Ergebnissen geführt.

5.3 Muskelleistung und ihr Vorhersagewert für ein Sturzvorkommen

Der Rückgang der relativen Bewegungsleistung vollzieht sich ähnlich wie der Rückgang der Maximalkraft. Die Kurven verlaufen auch hier weitgehend parallel, wobei Frauen tendenziell etwas früher größere Leistungseinbußen aufweisen. Insgesamt ist der Rückgang an Leistung bei Frauen prozentual gesehen jedoch nur geringfügig höher als bei Männern. Bei beiden Geschlechtern beläuft sich der Leistungsverlust prozentual allerdings auf ein bis zu dreifaches des Verlustes an Muskelkraft.

Die Muskelleistung ist definiert durch die pro Zeit geleistete Arbeit und hängt nicht nur von der Muskelkraft, sondern von vielen anderen Faktoren ab. Die Muskelleistung nimmt bereits im Laufe der vierten Lebensdekade ab (*Metter et al. 1997, Hollmann und Strüder 2009, S.522*). *Schneider et al. (2009)* verzeichnen sogar einen kontinuierlichen Rückgang ab dem 6. Lebensjahr, wenn man die Muskelleistung auf das Körpergewicht bezieht. *Spirduso (2005)* beschreibt einen Rückgang der körperlichen Leistungsfähigkeit um circa 1%-1.5% pro Jahr ab dem 35. Lebensjahr und einen beschleunigten Abbau ab dem 75. Lebensjahr. Dabei spielen unter anderem der altersbedingte Verlust von

koordinativen Fähigkeiten und Ausdauer in Verbindung mit einem Rückgang der statischen Kraft eine Rolle (*Hollmann u. Strüder 2009, S.522*).

Verglichen mit der Muskelkraft gibt es weniger Studien, die die Muskelleistung untersuchen. Diese Studien bestätigen allerdings, dass die Muskelleistung einen stärkeren Zusammenhang mit körperlicher Fitness aufweist als die Muskelkraft. *Herman et al. (2005)* verglichen Muskelleistung und Muskelkraft der unteren und oberen Extremitäten bei 37 mobilitätseingeschränkten Teilnehmern mit einem mittleren Alter von 76 Jahren. Dabei zeigten untere und obere Extremitäten bei der Muskelleistung eine höhere Korrelation als bei der Maximalkraft ($r = 0,88-0,89$ vs. $r = 0,69$). Es zeigte sich durchgehend ein starker Zusammenhang zwischen Muskelleistung und Mobilitätsmessungen. *Bean et al. (2002)* untersuchten ebenfalls bei 45 mobilitätseingeschränkten Probanden den Einfluss von Muskelleistung und Muskelkraft auf die Mobilität und kamen zu dem Schluss, dass die Muskelleistung einen stärkeren Einfluss auf die körperliche Bewegung zu haben scheint.

In dieser Arbeit erbringen Probanden ohne Sturzvorgeschichte im Chair-Rise-Test signifikant mehr Leistung (p -Wert $< 0,01$) als Probanden mit Sturzanamnese.

Auch wenn Personen mit Sturzanamnese im Vergleich zu nicht gestürzten Probanden rund 35% weniger Leistung erbringen ergibt sich nur zwischen nicht und einmal gestürzten Personen ein schwach signifikantes Ergebnis. *Schneider et al. (2011)* schlossen in ihrer Studie 1720 Probanden ein und fanden im Kniebeugen-Test signifikante Zusammenhänge zwischen Sturzrisiko, Muskelleistung und Muskelkraft.

5.4 Die Zeit im Chair-Rise-Test und ihr Zusammenhang mit dem Sturzrisiko

Teilnehmer, die mehrfach gestürzt sind, brauchten zwar im Mittel eine Sekunde länger Zeit um fünfmal von einem Stuhl aufzustehen als Probanden mit nur einem Sturz oder keinem Sturz in der Vorgeschichte, signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ergeben sich allerdings nicht.

Andere Studien kommen zu anderen Ergebnissen. *Morita et al. (2005)* untersuchten beispielsweise 402 zu Hause lebende Frauen in Japan ab dem 60. Lebensjahr. Teilnehmerinnen, die gestürzt waren, brauchten signifikant länger für den Aufstehetest als diejenigen, die nicht gestürzt waren. *De Rekeneire et al. (2003)* erzielten in ihrem aus 3075 mobilen Senioren bestehenden Kollektiv vom 70. bis 79. Lebensjahr schlechtere Ergebnisse im Chair-Rise für diejenigen, die gestürzt waren. *Nevitt et al. (1989)* beschreiben bei Personen ab 60 Jahren mit mehreren Stürzen in der Vorgeschichte einen Zusammenhang mit schlechten Ergebnissen im Chair-Rise-Test.

Degner (2006) untersuchte in ihrer Studie 1197 mobile Seniorinnen ab dem 60. Lebensjahr und konnte jedoch ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen benötigter Zeit im Chair-Rise-Test und den retrospektiv von den Teilnehmerinnen angegebenen Stürzen finden.

In der Zeit, die beide Geschlechter zur Absolvierung des Chair-Rise-Tests benötigten, findet sich zwischen Männern und Frauen kein signifikanter Unterschied. In den letzten beiden Dekaden steigt die benötigte Zeit bei den Teilnehmern durchschnittlich jedoch um ein bis zwei Sekunden. *Csuka und McCarty (1985)* kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit im Aufstehetest, Alter und Geschlecht. Zwischen Alter und der benötigten Zeit fanden sie einen hoch signifikanten Zusammenhang. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern trat im jüngeren Alter noch deutlicher hervor, verlor sich aber mit dem Alter.

Vergleicht man den Zusammenhang von Maximalkraft und der benötigten Zeit im Chair-Rise-Test, so findet man in dieser Studie zwischen absoluter Maximalkraft und benötigter Zeit nur eine geringe negative Korrelation von $r = -0,31$. Betrachtet man die relative Leistung und relative Maximalkraft, so liegt die negative Korrelation bei $r = -0,53$ und $r = -0,51$. Der Chair-Rise-Test scheint also noch anderen Einflüssen zu unterliegen, die eine wichtige Rolle bei der Durchführung spielen (beispielsweise Gelenksarthrose).

Zu diesem Ergebnis kamen auch *McCarthy et al. (2004)*, welche den Zusammenhang zwischen benötigter Zeit im Chair-Rise-Test und der

isokinetischen Muskelkraft in Hüfte, Knie und oberem Sprunggelenk untersuchten. Sie stellten fest, dass die Muskelkraft zwar eine erhebliche Rolle bei der Durchführung des Aufstehtests spielt, dass aber die Unterschiede in den Ergebnissen nicht alleine durch veränderte Muskelkraft erklärt werden könnten und dass andere wichtige Variablen die Bewegung ebenfalls beeinflussen müssen.

Letztendlich ist die Leistung der direkte Ausdruck verschiedener indirekter Faktoren.

5.5 Der Vorhersagewert der Handkraft für ein Sturzvorkommen

Im Vergleich der Handkraft findet sich zwischen den Gruppen „Kein Sturz“ und „Ein Sturz“ mit einem p-Wert $< 0,05$ ein schwach signifikanter Unterschied. Mehrfachstürzer erzielten mit $282,68 \text{ N} \pm 70,75$ sogar eine etwas bessere Handkraft als Einfachstürzer mit $265,20 \text{ N} \pm 78,04$.

Morita et al. (2005) konnten in ihrer Untersuchung keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Sturzgeschehen und Handkraft feststellen. Sie untersuchten an 402 zu Hause lebenden Probandinnen ab einem Alter von 60 Jahren die Beziehung zwischen Sturzgeschehen und verschiedenen Messinstrumenten.

Zu einem anderen Ergebnis kamen *Pijnapples et al. (2008)*. Sie untersuchten in ihrer Studie an 17 Personen verschiedene Muskelkraftmessverfahren und gaben an, dass die Messung der Handkraft als Sturzprädiktor verwendet werden kann. Allerdings mit einer leicht geringeren Spezifität als Kraftmessgeräte der unteren Extremität. Der Stichprobenumfang in dieser Studie ist jedoch sehr gering.

Häufiger als der Zusammenhang mit dem Sturzgeschehen wird der Zusammenhang zwischen einer niedrigen Handkraft und späteren funktionellen Einschränkungen untersucht und bestätigt. So untersuchten *Rantanen et al. (1999)* in einer prospektiven Studie über 25 Jahre 6089 gesunde Männer von 45 bis 68 Jahren. Dabei wurde die Handkraft über einen Zeitraum von fünf

Jahren gemessen. Sie konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Handkraft einen hohen Aussagewert für funktionelle Einschränkungen 25 Jahre später liefert. In einer kleineren Studie kamen *Giampaoli et al. (1999)* zu ähnlichen Ergebnissen. *Bohannon (2008)* untersuchte die Ergebnisse von 45 Forschungsartikeln. Dabei wurde eine geringe Handkraft durchwegs mit einer größeren Wahrscheinlichkeit für frühzeitige Sterblichkeit, der Entwicklung von funktionellen Einschränkungen und einem gesteigerten Risiko für Komplikationen oder verlängertem Aufenthalt in Krankenhäusern assoziiert.

Sayer et al. (2006) untersuchten an 2987 Probanden zwischen 59 und 73 Jahren den Zusammenhang zwischen Handkraft als einen Marker für Sarkopenie und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL) und kamen zu dem Ergebnis, dass eine geringe Handkraft mit einem reduzierten HRQoL zusammenhängt. Dies scheint laut der Autoren nicht aufgrund von Alter, Größe, körperlicher Aktivität oder Komorbidität erklärt werden zu können und kann als ein Indiz für den Zusammenhang zwischen Sarkopenie und allgemeiner Frailty gewertet werden. *Sydall et al. (2003)* bestätigen den Aussagewert der Handkraft für Frailty.

Aus den Ergebnissen der Studien lässt sich schließen, dass die Handkraft als Marker für spätere funktionelle Einschränkungen durchaus große Aussagekraft hat. Da körperliche Einschränkungen mit einem erhöhten Sturzrisiko einhergehen, lässt sich indirekt auch auf den Vorhersagewert der Handkraft als Sturzprädiktor schließen.

5.6 Fragebogen

5.6.1 Sturzepidemiologie

In vorliegender Studie geben 73 Probanden (15,9%) an, in den letzten zwölf Monaten gestürzt zu sein. 23 der betroffenen Personen stürzten mehrmals. Mit zunehmendem Alter steigt das Sturzvorkommen signifikant (p -Wert $< 0,01$) an, wobei ein deutlicher Sprung von 7,9% auf 28,8% ab dem 70. Lebensjahr zu verzeichnen ist.

Die Zahlen decken sich mit anderen Studien. Allgemein wird davon ausgegangen, dass etwa ein Drittel der über 65-Jährigen während eines Jahres mindestens einmal stürzt (*Tromp et al. 2001, Tinetti et al. 1988, Gostynski et al. 1999*), wobei die Inzidenz jedes Lebensjahrzent um etwa 10% steigt (*Nikolaus u. Becker 1999*). Ein Drittel bis die Hälfte der Betroffenen erleidet rezidivierende Stürze (*Gostynski et al. 1999*).

Speechley und Tinetti (1991) unterschieden in ihrer Studie Senioren in gebrechliche und rüstige Personen und beobachteten Stürze bei 52% der gebrechlichen und bei 17% der rüstigen Teilnehmer.

Obwohl nach allgemeiner Erfahrung Frauen häufiger zu Stürzen neigen als Männer, ist in vorliegender Studie der prozentuale Anteil von Männern und Frauen in etwa gleich.

33,8% (24) der Personen mit Sturzanamnese leben alleine zu Hause. Bei Probanden, die nicht gestürzt sind, leben 25,9% (100) Personen alleine zu Hause. *Tragl (2000)* beschreibt in seinem Artikel, dass alleinlebende Senioren häufiger stürzen als Personen mit Partner.

Wegen ihres prognostischen Wertes sollte die Sturzvorgeschichte in geriatrischen Assessments zur Ermittlung des Sturzrisikos nicht fehlen. *Evans et al. (2001)* wiesen in ihrer Übersichtsarbeit auf die Untersuchungen mehrerer Studien hin, die einen signifikanten Zusammenhang zwischen einer individuellen Sturzvorgeschichte und einem erhöhten Risiko erneut zu stürzen beschreiben.

Eine Sturzvorgeschichte legt bei den Betroffenen das mögliche Vorliegen anderer Sturzrisikofaktoren nahe (*Kron et al. 2003*). So kombinierten *Covinski et al. (2001)* in ihrem Risikoeinschätzungsmodell zur Ermittlung des individuellen Sturzrisikos die Sturzvorgeschichte mit Balanceschwierigkeiten und Mobilitätseinschränkungen, *Stalenhoef et al. (2002)* mit der Diagnose einer Depression und mit verminderter Handkraft.

5.6.2 Medikamente

Da sich die Pharmakokinetik und Pharmakodynamik von Medikamenten im Alter verändern, besteht für ältere Menschen eine höhere Anfälligkeit für Wechselwirkungen und Nebenwirkungen von Arzneimitteln, was sich auch auf das Sturzrisiko auswirken kann.

In vorliegender Studie wurden die Probanden nach der Einnahme von Arzneimitteln im Allgemeinen und speziell nach der Einnahme von Antiepileptika, Antidepressiva, Neuroleptika und Sedativa/Hypnotika gefragt.

Nur bei Antidepressiva ergibt sich eine schwache Signifikanz, ansonsten finden sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Medikamenten und dem Sturzgeschehen. In den einzelnen Kategorien ist die jeweilige Personenanzahl allerdings sehr gering.

Viele Studien konnten einen Zusammenhang zwischen dem Sturzrisiko und speziellen Medikamentengruppen feststellen. Insbesondere Medikamente aus der Gruppe der Psychopharmaka, Diuretika, Sedativa/Hypnotika und Antiarrhythmika werden mit Stürzen in Verbindung gebracht (*Leipzig et al. 1999 a u. b*). Diese Arzneimittel können Störungen der Sensorik, Motorik, des posturalen Kontrollmechanismus und der kognitiven Funktion hervorrufen und somit das Gangbild und Gleichgewichtsvermögen negativ beeinflussen.

In ihrem Review kommen *Gillespie et al. (2009)* zu dem Schluss, dass ein Absetzen von Medikamenten, die das Bewusstsein beeinträchtigen können, die Sturzrate um 66 % senkt, das Sturzrisiko selbst bleibt aber unverändert.

Nur wenige Studien untersuchen spezielle Medikamentenklassen hinsichtlich ihres Sturzrisikos und die Ergebnisse sind nicht einheitlich (*DNQP 2006*). *Ray et al. (2000)* untersuchten beispielsweise, ob sich kurz- und langwirksame Benzodiazepine unterschiedlich auf das Sturzrisiko auswirken. Sie kamen zum Ergebnis, dass kurzwirksame Benzodiazepine das Sturzrisiko weniger erhöhen als langwirksame. Die Gefahr eines nächtlichen Sturzes sei jedoch in beiden Gruppen gleichermaßen erhöht.

In verschiedenen Studien wurde nachgewiesen, dass die Einnahme von mehr als drei Medikamenten zu einem erhöhten Sturzrisiko führt (*Lipsitz et al. 1991*,

Lord et al. 1995, Gassmann et al. 2009). Auch in dieser Studie findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme von mehr als drei Medikamenten und dem Sturzrisiko (p-Wert < 0,001). Nur 17,8% der Teilnehmer, die nicht gestürzt sind, nehmen mehr als drei Medikamente ein; bei Personen mit einem Sturz sind es bereits 34,0%, bei Mehrfachstürzern beträgt der Anteil 43,5%. Daher sollte bei der Ermittlung des Sturzrisikos auch die Kombination von Medikamenten erfasst und beachtet werden (*Gillespie 2004, Moreland 2003, DEGAM 2004, AGS 2001*).

Obwohl der Dosierung von Medikamenten in Studien wenig Berücksichtigung geschenkt wird, ist nachvollziehbar, dass auch eine auf den Patienten nicht abgestimmte Dosis eine Sturzgefährdung darstellen kann.

Gillespie et al. (2009) wiesen nach, dass die Sturzrate durch die Teilnahme von Hausärzten an einem Programm zur Veränderung ihres Verordnungsverhaltens um 39% gesenkt werden konnte. Dies macht deutlich, dass die Anpassung der Medikation an den Patienten eine wichtige Rolle in der Sturzprävention spielt und Bestandteil multifaktorieller Interventionsprogramme sein sollte (*Jenson et al. 2002, Sternberg et al. 2000, Ray et al. 1997, Newbury et al 2001*).

5.6.3 Chronische Erkrankungen, subjektive Einschätzung der Gesundheit

Studienteilnehmer, die gestürzt sind, leiden signifikant öfter an chronischen Erkrankungen als Teilnehmer ohne Sturz (p-Wert < 0,01). Vor allem mehrmals gestürzte Personen berichten über das Vorliegen chronischer Erkrankungen (82,6%). Bei Probanden, die einmal gestürzt sind, liegt der Anteil bei 52,17%. Probanden, die nicht gestürzt sind, geben in 46,5% der Fälle chronische Erkrankungen an.

Bei der Frage nach speziellen Leiden (Z.n. Apoplex, Polyneuropathie, M. Parkinson) konnte kein signifikanter Zusammenhang mit dem Sturzgeschehen gefunden werden, allerdings sind insgesamt relativ wenige Teilnehmer von den erfragten Erkrankungen betroffen. Speziell darauf ausgelegte Studien können zu anderen Ergebnissen führen, wie es auch in anderen Arbeiten bestätigt wird.

Bei M. Parkinson führen Symptome wie Anlaufschwierigkeiten, unfreiwillige Bewegungen und Probleme mit der Kontrolle der Körperhaltung zu einer Sturzgefährdung (Gray u. Hildebrand 2000). Parkinsonpatienten mit Sturzvor-geschichte sind dabei besonders gefährdet (Bloem et al. 2001, Ashburn et al. 2001). Nach Wood et al. (2002) gewinnt die Parkinson'sche Erkrankung insbesondere in Verbindung mit Demenz oder Depression, aber auch mit zunehmender Schwere der Krankheitssymptome an Bedeutung.

Die Folgen eines Schlaganfalls können bei Betroffenen das Sturzrisiko erhöhen. Evans et al. (2001) beschreiben in ihrem Review, dass durch Paresen bedingte eingeschränkte Beweglichkeit, veränderte und verlangsamte Gedankenabläufe und Gesichtsfeldeinschränkungen als Sturzrisikofaktoren identifiziert wurden. Zusätzlich können sich je nach betroffener Gehirnregion Balancestörungen, impulsives Verhalten und eine verlangsamte Reaktionszeit auf das Sturzrisiko auswirken.

Nach Koski et al. (1998) ist bei selbstständig lebenden Personen mit einer peripheren Neuropathie das Sturzrisiko erhöht. Richardson (2002) stellt fest, dass bei Polyneuropathien das Sturzrisiko vor allem mit dem Schweregrad der Erkrankung und bei Vorliegen eines erhöhten Body Mass Index (BMI) ansteigt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Erkrankungen, die sich negativ auf Mobilität, Motorik und Sensibilität auswirken, deutlich die Bewegungsfähigkeit des Betroffenen einschränken können. Dadurch kann bei Erkrankungen wie M. Parkinson, Polyneuropathien und bei Schlaganfallpatienten das Sturzrisiko unter bestimmten Bedingungen erhöht sein.

Gestürzte Probanden schätzen ihre Gesundheit schlechter ein als Probanden, die nicht gestürzt sind. Insbesondere Teilnehmer, die mehrmals gestürzt sind, schätzen ihre Gesundheit viel häufiger „weniger gut“ ein als Probanden, die einmal oder gar nicht gestürzt sind. Kein Teilnehmer, der mehrfach gestürzt ist, schätzt seine Gesundheit als „sehr gut“ ein. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass Mehrfachstürzer häufig gebrechlicher sind als Altersgenossen. Vor allem wenn man beachtet, dass Mehrfachstürzer auch öfters von anderen erfragten

Risikofaktoren betroffen sind und in den ergometrischen Tests ebenfalls schlechter abschneiden.

5.6.4 Osteoporose und Glukokortikoide

In vorliegender Studie findet sich bei sehr kleinem Kollektiv kein signifikanter Zusammenhang zwischen der anamnestisch erhobenen Diagnose Osteoporose und der Frakturrate. Es ist jedoch unbestritten, dass eine vorhandene Osteoporose zu einem erhöhten Frakturrisiko führt.

Bei vorhandener Osteoporose kann ein Sturz gravierende Frakturen zur Folge haben, welche zu schweren Einbußen beim Betroffenen führen können. Schenkelhalsfrakturen zählen zu den häufigsten Komplikationen eines Sturzes. Sie kosten in den USA alleine 20 Millionen Dollar jährlich (*Braithwaite et al. 2003*).

Krafttraining kann die im Alter auftretende Osteoporose reduzieren bzw. verzögern. Ohne Training beträgt der Verlust an Knochensubstanz bei Männern ab 50 Jahren etwa 0,4%, bei Frauen bereits ab 30 bis 35 Jahren 0,75% - 1% pro Jahr. Bei Frauen vergrößert sich diese Rate nach der Menopause auf 2% - 3% pro Jahr, so dass eine Frau bis zum 70. Lebensjahr etwa 30% ihrer Knochenmasse verloren hat (*Baumann 1988*). *Smith (1982)* zeigt in einer Untersuchung, dass bereits durch ein minimales allgemeines Übungsprogramm die Knochenbildung gesteigert werden kann. Dies gilt auch für Menschen in der 9. Lebensdekade.

Bereits geringe Dosen synthetischer Glukokortikoide über einen längeren Zeitraum eingenommen können vor allem bei älteren Patienten das Risiko einer sekundären Osteoporose erhöhen.

Glukokortikoide fördern den Knochenabbau durch direkte und indirekte Wirkung auf die verschiedenen Knochenzellen. Auch die durch Glukokortikoide verminderte Sexualhormonproduktion wirkt sich negativ auf die Knochensubstanz aus (*DVO-Leitlinie Glukokortikoidinduzierte Osteoporose 2006*). Außerdem kommt es unter langfristiger Glukokortikoideinnahme zu

einem Verlust an Muskelkraft, der über die funktionelle Einheit zwischen Knochen und Muskel (*Frost H.M. 1987*) ebenfalls zum Knochenabbau führt. Dadurch ergibt sich ein Festigkeitsverlust. Der größte Knochenmasseverlust ereignet sich in den ersten Monaten der Cortisontherapie und betrifft vor allem den trabekulären Knochen (*De Nijs, 2008*). Nach epidemiologischen Untersuchungen erleiden 30-50% der langfristig mit Cortison behandelten Patienten Frakturen (*Civitelli u. Ziambaras, 2008*). Dabei ist das Frakturrisiko bei der Glukocorticoid-induzierten Osteoporose bei gleicher Knochendichte deutlich höher als bei der postmenopausalen Osteoporose (*Van Staa et al. 2003, Willenberg u. Lehnert 2008*). Denn entscheidend für die verminderte Belastbarkeit des Knochens ist nicht die reduzierte Knochendichte, sondern die verminderte Qualität des Knochens. Beendet man die Cortisontherapie, kommt es zu einem allmählichen Rückgang des Frakturrisikos und nach circa einem Jahr hat sich das Frakturrisiko wieder ungefähr dem Risiko der Normalbevölkerung angenähert (*Vestergard et al. 2008*).

Präventiv sollte bei lang andauernder Cortisontherapie mit einer auf die Krankheit abgestimmten Bewegungstherapie begonnen werden, bei stark erhöhtem Risiko können auch Bisphosphonate eingesetzt werden, unter denen in Studien ein signifikanter Rückgang vertebraler Frakturen zu finden ist (*Adachi et al. 2001, Reid et al. 2001*). Nach neuesten Erkenntnissen wird eine Vitamin D-Substitution allgemein bei Senioren ab dem 60. Lebensjahr empfohlen. Von einer Calciumgabe wird jedoch abgesehen, da Frakturen dadurch nicht wesentlich reduziert werden (*Bischoff-Ferrari u. Stähelin 2011*). Außerdem wird ein erhöhtes Risiko für Nierensteine und ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko unter Calciumsupplementation diskutiert (*Jackson et al. 2006, Bolland et al. 2011*).

5.6.5 Kognition und Stimmung

Altern geht auch mit einem Abbau kognitiver Funktionen einher. Am häufigsten sind Erinnerung, Aufmerksamkeit und visuell-räumliche Fähigkeiten gestört. Aber auch problemlösungs- und geschwindigkeitsabhängige Prozesse lassen

allmählich nach. Externe Reize können unter Umständen nicht schnell genug verarbeitet werden und es kann dementsprechend nicht schnell genug reagiert werden. Der Abbau verläuft individuell sehr unterschiedlich und es kommen dabei auch Faktoren wie Bildungsstand, allgemeine Gesundheit, Lebensstil und Persönlichkeit zum tragen (*Freiberger u. Schöne 2009*).

Neuere Untersuchungen zeigen, dass kognitive Arbeit erforderlich ist um das Gleichgewicht zu halten (*Holtzer et al. 2007, Sheridan u. Hausdorff 2007, Sheridan et al. 2003, Melzer et al. 2001*), wobei sich das Gleichgewicht insbesondere dann verschlechtert, wenn man sich auf mehrere Aufgaben gleichzeitig konzentrieren muss. Mit zunehmendem Alter sinkt die Fähigkeit, seine Aufmerksamkeit auf mehr als eine Aufgabe zu lenken (*Redfern et al. 2001, Rankin et al. 2000*), was eine erhöhte Anfälligkeit für Gleichgewichtsstörungen impliziert.

Krankhafte kognitive Einschränkungen sind ein wichtiger Risikofaktor für Stürze (*Moreland et al. 2003, Gassmann et al. 2009*). Erkrankungen wie Demenz oder Depression haben Auswirkungen auf Wahrnehmungs- und Einschätzungsfähigkeit der Umgebung und Situation sowie auf Mobilität und Gangbild. Demente Patienten, die ständig in Bewegung sein müssen (Wandering), haben vor allem beim Vorliegen von Mobilitätsstörungen ein erhöhtes Risiko zu stürzen (*Tideiksaar 2008*). Kognitiv eingeschränkte Personen stürzen doppelt so häufig wie kognitiv Gesunde gleichen Alters und weisen außerdem eine 1,5-fach bis 3-fach erhöhte Frakturrate auf (*Shaw 2002*). Sie erholen sich seltener von den Folgen eines Sturzes und sind fünfmal häufiger von Einweisungen in Pflegeheime betroffen (*Shaw u. Kenny 1998*).

Verschiedene Studien ermittelten für Menschen mit der Diagnose Depression ein erhöhtes Sturzrisiko (*Tinetti et al. 1993, Hendrich et al. 1995, Stalenhoef et al. 2002, Thomas 2009*). *Biderman et al. (2002)* beschreiben fünf Risikofaktoren, die die Sturzgefährdung erhöhen und gleichzeitig auf das Vorliegen einer Depression hinweisen können. Dabei handelt es sich um eine niedrige Selbsteinschätzung der Gesundheit, einen schlechten kognitiven Status, eingeschränkte ADLs (Aktivitäten des täglichen Lebens), zwei oder mehr

Krankenhausbesuche im letzten Monat und eine geringe Gehgeschwindigkeit (mehr als zehn Sekunden für fünf Meter).

In vorliegender Studie wurde nicht nach Demenz sondern nach Merkfähigkeitsstörungen gefragt, ein signifikanter Zusammenhang mit dem Sturzgeschehen wurde nicht gefunden. Die gegenwärtige Studienlage legt jedoch nahe, dass kognitive Aspekte bei Sturzrisikomodellen mitberücksichtigt werden müssen.

5.6.6 Gleichgewichtsstörungen, Schwindel

Teilnehmer, die gestürzt sind und Gleichgewichtsprobleme oder Schwindel angeben, weisen ein signifikant erhöhtes Sturzrisiko auf (p -Wert $< 0,01$). Vor allem Mehrfachstürzer unterscheiden sich mit einem prozentualen Anteil von 73,91% von den anderen beiden Gruppen mit einem Anteil von 40,10% (Kein Sturz) bzw. 48,94% (Einfachstürzer).

Gleichgewichtsprobleme bei älteren Menschen werden in vielen Studien mit einem erhöhten Sturzrisiko in Verbindung gebracht (*Tinetti 1988, Ganz et al 2007, Evans et al. 2001, Muir et al. 2010*). Störungen der Balancefähigkeit und das Auftreten von Schwindel können alters- oder krankheitsbedingt sein und treten meistens nicht isoliert, sondern in Verbindung mit anderen Risikofaktoren auf (*DNQP 2006*).

Das Zusammenspiel des zentralen Nervensystems und des Bewegungsapparates sind notwendig um Gleichgewichtsverlagerungen festzustellen und zu korrigieren. Dabei sind diese beiden Körpereinheiten auf das Zusammenwirken des visuellen und propriozeptiven Systems mit dem vestibulären System angewiesen. Mit zunehmendem Alter nehmen nicht nur die Fähigkeiten des Sehens, sondern auch die des propriozeptiven und vestibulären Funktionsapparates ab. Durch die niedrigere Balanceschwelle erhöht sich das Sturzrisiko. Menschen, die stürzen, zeigen eine stärkere posturale Reaktion, das heißt eine stärkere Schwankungsbreite zur Erlangung des Gleichgewichtes, als Menschen ohne Sturz in der Vorgeschichte. Dabei weisen Personen, die mehrmals gestürzt sind, eine ausgeprägtere Reaktion auf als Personen, die nur einmal gestürzt sind (*Lord et al. 1994*). Darüber hinaus konnten *Lord et al. (1994)* ein

verlangsamtes Reaktionsvermögen und einen Kraftverlust in den Beinen feststellen. Außerdem zeigte sich bei gestürzten Probanden eine schlechtere Vibrationswahrnehmung und eine Verschlechterung der Tiefensensibilität.

Da Gleichgewichtsstörungen einen bedeutenden Sturzrisikofaktor darstellen, ist es wichtig, diese in Tests wie dem Tandemstand zu erfassen um das individuelle Sturzrisiko abschätzen zu können.

Auch Schwindelattacken stellen eine wichtige Sturzursache dar. *Rubenstein et al. (1988)* führen 6,1% der Stürze auf Schwindel zurück. Organische Erkrankungen des Gehirns oder des Herz-Kreislaufsystems können für Schwindel verantwortlich sein. Am häufigsten wird Schwindel jedoch von Erkrankungen des Innenohrs oder zerebralen und zerebellären Durchblutungsstörungen ausgelöst (*Tragl 2000*).

5.6.7 Sehbeeinträchtigungen

Das visuelle System ist grundlegend daran beteiligt das Gleichgewicht zu halten, denn unsere Augen liefern wichtige Informationen über die Lage des Körpers in seiner Umgebung. Diese Informationen ermöglichen dem Menschen, Bewegungen zu planen und zu steuern. Ein intaktes Sehvermögen kann abnehmende Fähigkeiten des propriozeptiven Systems bis zu einem gewissen Grad ausgleichen (*Tideiksaar 2008*). Eine Einschränkung der Sehkraft wirkt sich jedoch nicht nur negativ auf das Gleichgewichtsvermögen aus, sondern erhöht das Sturzrisiko auch deswegen, weil Hindernisse zu spät erkannt oder übersehen werden können.

Gaebler (1993) fand in ihrer Untersuchung einen signifikanten Zusammenhang zwischen Sehbeeinträchtigungen oder Blindheit und der Gefahr zu stürzen. Nach *Lord (2006)* führen vor allem eine reduzierte Kontrastwahrnehmung und Tiefensehschärfe zu einem gesteigerten Sturzrisiko. Im Alter lässt vor allem die Hell-Dunkel-Adaptation der Augen nach, die Augen passen sich langsamer an unterschiedliche Lichtverhältnisse an. Dies kann besonders bei schwacher Beleuchtung zu Sehbeeinträchtigungen führen, wie etwa beim nächtlichen Umhergehen oder Toilettengang (*Tideiksaar 2008*). *Chew et al. (2010)*

bestätigen den Zusammenhang von Hüftfrakturen und Störungen im visuellen Bereich.

Zwar liegen in dieser Studie zwischen Sturzanamnese und dem Tragen einer Brille, Verschlechterung des Sehvermögens im letzten Jahr und der subjektiven Beeinträchtigung des Sehens keine signifikanten Zusammenhänge vor, allerdings wurden die Fragen sehr allgemein gehalten ohne auf spezielle Erkrankungen der Augen einzugehen. Die oben genannten Ausführungen machen deutlich, dass ein beeinträchtigtes Sehvermögen durchaus ein erhöhtes Sturzrisiko mit sich bringt.

Das Tragen einer Brille mag nicht in direktem Zusammenhang mit einem erhöhten Sturzrisiko stehen, allerdings kann eine Brille unter Umständen die Gefahr zu stürzen erhöhen. Beispielsweise untersuchten *Lord et al. (2002)* den Zusammenhang zwischen Gleitsichtbrillen und einer möglichen Sturzgefährdung. Aus ihren Ergebnissen folgern sie, dass diese Art von Brillen bei älteren Leuten außerhalb des Wohnumfeldes die Sturzgefahr erhöht.

Ivers et al. (2000) berichten in ihrer Studie zum Zusammenhang zwischen Sehbeeinträchtigungen und Hüftfrakturen, dass auch das Nichtaufsetzen einer Brille oder das subjektive Empfinden, schlecht zu sehen, das Sturzpotential erhöhen.

Um das Sturzrisiko gering zu halten, wird älteren Menschen ab etwa 55 Jahren empfohlen, einmal jährlich ihr Sehvermögen untersuchen zu lassen (*Chew et al. 2010, Lord 2006*).

5.6.8 Probleme an Hüft-, Knie- oder Fußgelenken

Personen, die Probleme an Gelenken der unteren Extremitäten angeben, stürzten signifikant häufiger (p-Wert < 0,01). Der Anteil lag bei 72,7% für Mehrfachstürzer bzw. bei 62,8% für Personen mit nur einem Sturz. Nur 46,2% der Probanden, die im letzten Jahr nicht gestürzt sind, geben Gelenkprobleme an.

Arden et al. (1999) fanden einen Zusammenhang zwischen Osteoarthritis und der Gefahr zu stürzen. *Chaiwanichsiri et al. (2009)* schreiben neben der Osteoarthritis der Kniegelenke auch Fußschmerzen, insbesondere bei Fasciitis, ein erhöhtes Sturzpotential zu. *Barr et al. (2005)* und *Menz und Lord (2001)* identifizieren Bein- bzw. Fußprobleme ebenfalls als Sturzrisikofaktoren. Durch die eingeschränkte Beugung in Kniegelenken und Hüfte sowie einer Muskelschwäche der unteren Extremitäten, können die Beine keine maximale Kraft entwickeln, was sich vor allem beim Stellungswechsel, wie dem Hinsetzen und Aufstehen, bemerkbar macht (*Tideiksaar 2008*).

Bis zu einem gewissen Ausmaß sind Verschleißerscheinungen der großen Gelenke im Alter normal. Allerdings sind regelmäßige Kontrollen notwendig, um bei Bedarf eine gelenkersetzende Operation vorzunehmen. Zwar bleiben nach einer Operation oft gewisse Einschränkungen zurück, diese sind jedoch weitaus geringer als dies bei einem Fortschreiten der Arthrose der Fall wäre. Durch gezielte Trainingsmaßnahmen kann in der Regel eine gute muskuläre Kraft wiederhergestellt werden (*Berting-Hünecke 2002*).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Operationen an Gelenken der unteren Extremitäten und der Sturzanamnese kann in dieser Studie nicht festgestellt werden.

5.6.9 Angst zu stürzen

In dieser Studie findet sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Angst hinzufallen und einer Sturzvorgeschichte ($p\text{-Wert} < 0,00001$). In der Gruppe der Mehrfachstürzer geben 65,2% Sturzangst an, in den anderen Gruppen sind es 48,9% (Ein Sturz) und 25,2% (Kein Sturz).

Inzwischen haben viele Studien den Zusammenhang zwischen Sturzvorgeschichte und Sturzangst untersucht (*Legters 2002, Zijlstra 2007, Jorstad et al. 2005, Alcade Tirado 2010, Murphy et al. 2003, Fletscher u. Hirdes 2004*). Laut *Legters (2002)* liegt die Prävalenz der Sturzangst bei zu Hause lebenden Personen über 60 Jahren, die bereits einmal gefallen sind, zwischen 29% bis 92%. Schließt man die nicht gestürzten Senioren mit ein, liegt die Prävalenz

zwischen 12% und 65%. Er erfasste in seiner Übersichtsarbeit außerdem, dass durch das Vorliegen von Bewegungseinschränkungen, verschlechterter Gesundheit und verringerter Lebensqualität Sturzangst entstehen kann. Auch andere Studien fanden heraus, dass Menschen mit Sturzangst häufig bereits Risikofaktoren aufweisen, die zu einem Sturz führen können, wie zum Beispiel ein unsicherer Gang, Schwindel und Bewegungseinschränkungen (*Fletcher u. Hirdes 2004, Delbaere et al. 2004*).

Durch die Angst hinzufallen können Betroffene in einen Teufelskreis geraten. Denn Sturzangst kann zu einer Einschränkung der Aktivitäten führen, was sich wiederum auf die Mobilität und Muskelkraft auswirkt und die Sturzgefahr steigen lässt (*Fletcher u. Hirdes 2004, Zijlstra 2009*).

5.6.10 Hilfsmittel

Hilfsmittel, die zur Verbesserung der Mobilität beitragen, wie Gehstock oder Gehwagen, können das Sturzrisiko verringern, jedoch nicht vollständig beseitigen. Da Hilfsmittel von Personen benötigt werden, die in ihrer Bewegungsfähigkeit eingeschränkt sind, liegt bei Benutzen von Gehhilfsmitteln gleichzeitig ein Indikator für eine Sturzgefährdung vor. In einer Studie von *Kiely et al. (1998)* hatten Personen, die eine Gehhilfe benutzten, ein 1,7mal höheres Risiko zu stürzen als Personen ohne Gehhilfe. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch *French et al. (2007)*.

Wenn Gehhilfen nicht die richtige Größe haben, unsachgemäß benutzt werden oder sich in einem schlechten Zustand befinden, kann dies ebenfalls zu Unsicherheiten bei der Fortbewegung führen (*Tideiksaar 2008*).

In dieser Studie benötigten nur 16 Personen eine Gehhilfe, von denen 5 Personen im letzten Jahr stürzten. Es ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang mit dem Sturzgeschehen.

5.6.11 Körperliche Aktivität

Die eigene Einschätzung der körperlichen Aktivität ist in allen drei Sturzgruppen ähnlich verteilt. Unter körperlicher Aktivität wurden sowohl unstrukturierte Aktivitäten wie z.B. Gartenarbeit oder Spazieren gehen, als auch gezielte sportliche Aktivitäten verstanden.

Ein aktiver Lebensstil trägt zu einem positiven Lebensgefühl und zur Gesundheit bei (*Freiberger 2009, Hollmann u. Strüder 2009*). Auch wenn im Alter die motorischen Fähigkeiten wie Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und Koordination nachlassen, so bleiben sportlich aktive Menschen dennoch auf einem höheren Leistungsniveau als Untrainierte (*Spirduso 2005, Nelson et al. 2007*).

Verschiedene Studien fanden heraus, dass der Mensch auch in hohem Alter noch trainierbar ist und bereits durch geringe Trainingsreize Verbesserungen der körperlichen Leistungsfähigkeit auftreten (*Fiatarone 1990, Jespersen et al. 2003, Foster-Burns 1999*). Allerdings lassen sich langfristige Effekte nur durch ein kontinuierliches Training erzielen (*Spirduso et al. 2005, Hauer et al. 2003*). Vor allem eine Kombination aus Balanceübungen und Krafttraining hat sich in der Sturzprophylaxe bewährt. Dabei scheint sich ein auf das Individuum speziell zugeschnittenes Programm besser zu bewähren als unspezifische Trainingseinheiten in der Gruppe. In einer Studie von *Gillespie et al. (2009)* reduzierten kombinierte körperliche Gruppenübungen die Sturzrate signifikant um 22% und das Sturzrisiko um 17%. Individuell verordnete kombinierte häusliche Übungen führten zu einer signifikanten Reduktion beider Werte um 34% und 23%. In ihrem Review bestätigen sie ebenfalls den positiven Effekt von Tai-Chi-Übungen auf das Sturzrisiko.

5.6.12 Alltagseinschränkungen

Für Alltagseinschränkungen im Allgemeinen ergibt sich in der Studie ein hochsignifikanter Zusammenhang mit dem Sturzrisiko (p -Wert $< 0,000001$).

Auch hier ist der Anteil in der Gruppe mehrfach gestürzter Personen mit 87,0% am größten. Bei einmal gestürzten Personen berichten 37,0% über Alltagseinschränkungen, bei nicht gestürzten Personen sind es 32,7%.

Auch bei speziellen Alltagseinschränkungen wie dem Ein- und Aussteigen aus der Badewanne, Treppensteigen, Überqueren der Straße und beim Gehsteig bzw. der Bordsteinkante ergeben sich Signifikanzen (p -Wert $< 0,01$).

Tinetti et al. (1988) stellten bei zu Hause lebenden Senioren fest, dass 44% der aufgezeichneten Stürze auf Hindernisse im Umfeld wie z.B. Treppenstufen oder glatte Böden zurückzuführen sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch *Fleming und Pendergast (1993)*, die von 294 Stürzen in Pflegeheimen mehr als die Hälfte auf Ursachen im Umfeld zurückführten. Das deutsche Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (*DNQP 2006*) nennt folgende Gefahren in der Umgebung, die mit einem erhöhten Sturzrisiko einhergehen: Schlechte Beleuchtung, steile Treppen, mangelnde Haltemöglichkeiten, glatte Böden, Stolpergefahren (z.B. Teppichkanten, Haustiere, herumliegende Gegenstände), unebene Gehwege und Straßen, mangelnde Sicherheitsausstattung (z.B. Haltemöglichkeiten), Wetterverhältnisse (Glatteis, Nässe...).

Laut Studien lassen sich in den Wohnräumen von Senioren häufig externe Faktoren finden, welche das Sturzrisiko erhöhen. Vor allem das Bad sei dabei ein Ort mit sehr hohem Sturzpotential (*Leclerc et al. 2010, Huang 2005*). Allerdings lassen sich in Wohnungen gestürzter Personen nicht mehr Gefahrenquellen finden als in Wohnungen von Personen, die nicht gestürzt sind (*Clemson et al. 1996, Gill et al. 2000*). *Gillespie et al. (2009)* stellten außerdem fest, dass Gestaltungsmaßnahmen in der Wohnung und häuslichen Umgebung von Älteren nur teilweise erfolgreich sind, und zwar vor allem dann, wenn es sich um ältere Studienteilnehmer mit stark eingeschränkter Sehkraft oder um anderweitig schwer behinderte Senioren handelt. *Tideiksaar (2008)* bestätigt, dass vor allem bei Menschen mit Mobilitätseinschränkungen wie einem

gestörten Gangbild oder verminderter Balancefähigkeit die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass die Umgebung zu einem Sturz beiträgt.

Guralnik et al. (1995) schreiben, dass bei mobilen, nicht behinderten Senioren alltagsrelevante funktionelle Leistungen signifikant mit späterer Behinderung und Verlust der Selbstständigkeit assoziiert sind.

6 Zusammenfassung

Unsere Gesellschaft steht im demographischen Wandel. Neben einem Rückgang der Geburtenrate nimmt der Anteil der über 60-Jährigen stetig zu. Somit gewinnen auch die geriatrischen Erkrankungen in unserem Gesundheitssystem immer mehr an Bedeutung. Dabei stellen Stürze im Alter ein ernst zu nehmendes und häufiges Geschehen dar. Die Folgen für Betroffene, Angehörige und Pflegepersonal können gravierend sein und durch Verletzungen und Frakturen entstehen immense Folgekosten.

Die Ursachen eines Sturzes sind häufig multifaktoriell bedingt. Viele Studien haben sich mit der Erfassung verschiedener Risikofaktoren und der Prävention von Stürzen beschäftigt. Die Sarkopenie nimmt dabei einen wichtigen Stellenwert ein, denn eine verminderte Muskelkraft führt zu einem erhöhten Sturzrisiko. Gezieltes Krafttraining kann dem Verlust von Muskelmasse und Muskelkraft jedoch entgegenwirken.

Eine an der Universität Würzburg entwickelte Posturographiemessplattform, der so genannte Balance-X-Sensor, misst neben dem Gleichgewichtsvermögen auch Muskelkraft und Bewegungsleistung.

In dieser Studie wurde untersucht, ob dieses Messverfahren als Screeningmethode zur Erkennung von Muskelkraft und -leistungsdefiziten geeignet ist und ob ein Zusammenhang mit einem erhöhten Sturzvorkommen besteht.

In einem Feldversuch, an dem 459 zu Hause lebende Personen ab dem 50. Lebensjahr teilnahmen, wurden Muskelkraft und Muskelleistung der unteren Extremitäten erfasst. Die Probanden wurden gebeten, auf der Messplattform fünfmal ohne Zuhilfenahme der Arme von einem Stuhl aufzustehen (Chair-Rise-Test) und Kniebeugen über 10 Sekunden durchzuführen. Dabei wurden absolute und relative Maximalkraft (Kraftverhältnis bezogen auf das Körpergewicht in Newton), relative Muskelleistung (Leistung im Verhältnis zur Körpermasse in kg) und die benötigte Zeit im Chair-Rise-Test berücksichtigt.

In einem Fragebogen wurden gleichzeitig verschiedene Sturzrisikofaktoren und Stürze der letzten zwölf Monate erfasst. Auch die Handkraft, die in der Geriatrie häufig zur Einschätzung des Sturzrisikos eingesetzt wird, wurde mittels Handdynamometer ermittelt.

Betrachtet man in der Auswertung der Daten den Kraft- und Leistungsverlust, finden sich ähnliche Ergebnisse wie in anderen Studien. In jeder Altersdekade zeigt sich, unabhängig von der Testart, ein kontinuierlicher Rückgang an Kraft und Leistung. Dabei ist der prozentuale Rückgang an Leistung dreimal so hoch wie der Rückgang an Kraft.

Männliche Teilnehmer besitzen im Vergleich zu weiblichen Probanden durchschnittlich ein höheres Maß an absoluter Maximalkraft und relativer Bewegungsleistung, der Verlust an absoluter Maximalkraft ist bei Männern im Alterungsprozess jedoch ebenfalls höher. Bezieht man allerdings die relative Maximalkraft mit ein, ist der Kraftunterschied und -verlust im Vergleich der Geschlechter geringfügig.

47 Personen (10,2%) geben an, im letzten Jahr einmal gestürzt zu sein. Weitere 23 Probanden (5,0%) geben an, mehrmals gestürzt zu sein. Mit zunehmendem Alter steigt das Sturzvorkommen signifikant an (p -Wert $< 0,01$), wobei ein deutlicher Sprung von 7,9% auf 28,8% ab dem 70. Lebensjahr zu verzeichnen ist.

Im Chair-Rise-Test zeigt sich in der erbrachten Muskelleistung mit einem p -Wert $< 0,01$ ein signifikanter Unterschied zwischen Probanden ohne Sturzanamnese und Probanden mit einem oder mehreren Stürzen.

In der absoluten Maximalkraft unterscheiden sich Teilnehmer, die nicht gestürzt sind, mit einem p -Wert $< 0,05$ schwach signifikant von Teilnehmern, die einmal gestürzt sind. Mehrmals gestürzte Patienten weisen zwar im Durchschnitt ein ähnliches Kraftniveau auf wie einmal gestürzte Probanden, ein signifikanter Unterschied konnte hier allerdings nicht gefunden werden.

In der relativen Maximalkraft haben Probanden ohne Sturz in der Vorgeschichte durchschnittlich mehr Kraft als Probanden mit Sturzanamnese, allerdings ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Auch wenn Personen mit Sturzanamnese unabhängig von der Sturzanzahl im Kniebeugen-Test im Vergleich zu nicht gestürzten Probanden rund 35% weniger Leistung erbringen, ergibt sich nur zwischen nicht und einmal gestürzten Personen ein schwach signifikantes Ergebnis (p-Wert < 0,05).

In der absoluten Maximalkraft unterscheiden sich mehrfach von nicht gestürzten Personen mit einem p-Wert < 0,05 schwach signifikant voneinander.

In der relativen Maximalkraft unterscheiden sich die Gruppen „Kein Sturz“ und „Ein Sturz“ mit einem p-Wert < 0,01 signifikant. Zwischen nicht und mehrfach gestürzten Personen wurde das Ergebnis bei einem p-Wert = 0,05 nicht mehr als signifikant gewertet.

In beiden Testformen finden sich in den verschiedenen Messungen keine signifikanten Unterschiede zwischen Einfach- und Mehrfachstürzern.

Probanden, die mehrmals stürzten, brauchten zwar durchschnittlich eine Sekunde länger im Chair-Rise-Test als Probanden ohne oder mit einem Sturz, signifikante Unterschiede ergeben sich in dieser Studie allerdings nicht.

Die Zeitspanne zur Absolvierung des Chair-Rise-Tests nimmt mit dem Alter zu, insbesondere ab dem 70. Lebensjahr ist ein deutlicher Anstieg der benötigten Zeit zu beobachten.

In der Handkraft unterscheiden sich Teilnehmer mit keinem Sturz mit einem p-Wert < 0,05 schwach signifikant von Teilnehmern mit einem Sturz. Personen mit mehreren Stürzen schneiden in der Handkraft sogar leicht besser ab als Personen mit einem Sturz in der Anamnese.

Folgende im Fragebogen erfasste Sturzrisikofaktoren zeigen in dieser Studie signifikante Zusammenhänge mit dem Sturzgeschehen: Die Einnahme von

mehr als drei Medikamente (p-Wert < 0,001), die Einnahme von Antidepressiva (p-Wert < 0,05), Gelenkprobleme an den unteren Extremitäten (p-Wert < 0,01), chronische Erkrankungen im Allgemeinen (p-Wert < 0,01), Angst zu stürzen (p-Wert < 0,00001), Schwindel/Gleichgewichtsstörungen (p-Wert < 0,01), Alltags-einschränkungen im Allgemeinen (p-Wert < 0,00001), Alltagseinschränkungen beim Hinein- und Heraussteigen aus der Badewanne, beim Treppensteigen, bei Gehsteig/Bordsteinkante und beim Überqueren der Straße (p-Wert < 0,01).

Dabei fällt auf, dass mehrfach gestürzte Personen prozentual gesehen deutlich häufiger betroffen sind als Personen, die einmal oder gar nicht gestürzt sind. Risikofaktoren scheinen somit insbesondere bei Personen, die gefährdet sind wiederholt zu fallen, eine prognostische Einschätzung liefern zu können.

Für die anderen im Fragebogen genannten Faktoren ergeben sich keine signifikanten Zusammenhänge mit dem Sturzgeschehen, was sich zum Teil auf die in vielen Kategorien nur geringe Teilnehmerzahl zurückführen lässt.

In Zusammenschau der Ergebnisse decken sich die Befunde zum Abbau von Muskelkraft und -leistung mit der aktuellen Studienlage. Die Messplattform ermöglicht es, diese Parameter während natürlicher Bewegungsabläufe quantitativ zu erfassen, wobei die Untersuchungen auch in größerem Rahmen einfach durchzuführen sind. Insbesondere die Muskelleistung könnte eine gute Screeningmethode zur Einschätzung des Sturzrisikos darstellen. Auch in den Messungen der Muskelkraft der unteren Extremitäten zeigen sich mit teils schwach signifikanten Unterschieden zwischen Probanden mit und ohne Sturzanamnese zumindest Tendenzen.

Die benötigte Zeit im Chair-Rise-Test stellt in dieser Untersuchung keinen genügend sensitiven Parameter zur Einschätzung des Sturzrisikos dar. Der schwach signifikante Unterschied in der Handkraft zwischen nicht und einfach gestürzten Personen relativiert sich durch die durchschnittlich bessere Handkraft mehrfach gestürzter Probanden im Vergleich zu einfach gestürzten Probanden.

In dieser Studie ist die Anzahl an Teilnehmern über 80 Jahren gering und die einzelnen Sturzgruppen besitzen sehr unterschiedliche Gruppengrößen. Eine

weiterführende prospektive Kohortenstudie mit höherer Teilnehmeranzahl und homogeneren Gruppengrößen scheint anhand der Ergebnisse durchaus gerechtfertigt.

7 Literaturverzeichnis

Ackermann H. (2009). "Frailty - Ein geriatrisches Syndrom." Bremer Ärztejournal 9:5.

Adachi J.D., Saag K.G., et al. (2001). "Two-year effects of alendronate on bone mineral density and vertebral fracture in patients receiving glucocorticoids: a randomized, double-blind, placebo-controlled extension trial." Arthritis Rheum 44(1): 202-211.

Alcalde Tirado P. (2010). "Fear of falling." Rev Esp Geriatr Gerontol 45(1): 38-44.

Arden, N. K., M. C. Nevitt, et al. (1999). "Osteoarthritis and risk of falls, rates of bone loss, and osteoporotic fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group." Arthritis Rheum 42(7): 1378-1385.

American Geriatrics Society (AGS) (2001). "Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention." J Am Geriatr Soc 49(5): 664-672.

Ashburn A., Stack E., Pickering R.M., Ward C.D. (2001). "Predicting fallers in a community-based sample of people with Parkinson's disease." Gerontology 47(5): 277-281.

Barr E.L., Browning C., Lord S.R., Menz H B., Kendig H. (2005). "Foot and leg problems are important determinants of functional status in community dwelling older people." Disabil Rehabil 27(16): 917-923.

Bassey E.J. (1998). "Longitudinal changes in selected physical capabilities: muscle strength, flexibility and body size." *Age Ageing* 27 Suppl 3: 12-16.

Bassey E.J., Fiatarone M.A., O'Neil, E.F., Kelly M., Evans W.J., Lipsitz L.A. (1992). "Leg extensor power and functional performance in very old men and women." *Clin Sci (Lond)* 82(3): 321-327.

Bassey E.J. and 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 (Lond)* 84(3): 331-337.

Bauer J.M., and Sieber C.C. (2007). "[Geriatrics 2007]." *Dtsch Med Wochenschr* 132(25-26): 1414-1416.

Baumann H. (1988). *Sportwissenschaft und Sportpraxis, Band 71. "Älter werden - fit bleiben: aktuelle theoretische Beiträge und Tips für sportliche Aktivitäten."* Hamburg, Czwalina.

Baumgartner R. N., Koehler K.M., Romero L., Garry P.J. (1996). "Serum albumin is associated with skeletal muscle in elderly men and women." *Am J Clin Nutr* 64(4): 552-558.

Baumgartner R.N., Waters D.L., Gallagher D., Morley J.E., Garry P.J. (1999). "Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women." *Mech Ageing Dev* 107(2): 123-136.

Bean J.F., Kiely D.K., Herman S., Leveille S.G., Mizer K., Frontera W R., Fielding R.A. (2002). "The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people." *J Am Geriatr Soc* 50(3): 461-467.

Becker C., Kron M., Lindemann U., Sturm E., Eichner B., Walter-Jung B., Nikolaus T. (2003). "Effectiveness of a multifaceted intervention on falls in nursing home residents." J Am Geriatr Soc 51(3): 306-313.

Becker C., Walter-Jung B., et al. (1999). "Ulmer Modellvorhaben - Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern".

Beer V., Minder C., Hubacher M., Abelin T. (2000) "Epidemiologie der Seniorenunfälle." Bfu-Report 42, 180.

Berting-Hüneke C., Langer D., Lüttje D., Prostina E. (2002, 2.Auflage). "Selbstständigkeit im Alter erhalten." Berlin, Springer-Verlag.

Biderman A., Cwikel J., Fried A.V., Galinsky D. (2002). "Depression and falls among community dwelling elderly people: a search for common risk factors." J Epidemiol Community Health 56(8): 631-636.

Bischoff-Ferrari H., Stähelin H.B. (2011). "Vitamin-D- und Kalzium Supplementation - Neue Richtlinien und Public-Health-Aspekte." Schweiz Med Forum 11(50):930–936

Bloem B.R., Grimbergen Y.A., Cramer M., Willemsen M., Zwinderman, A.H. (2001). "Prospective assessment of falls in Parkinson's disease." J Neurol 248(11): 950-958.

Bohannon R.W. (1996). "Nature of age-related changes in muscle strength of the extremities of women." Percept Mot Skills 83(3 Pt 2): 1155-1160.

Bohannon R.W. (2008). "Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults." J Geriatr Phys Ther 31(1): 3-10.

Bokov A., Chaudhuri A., Richardson, A. (2004). "The role of oxidative damage and stress in aging." *Mech Ageing Dev* 125(10-11): 811-826.

Bolland M.J., Grey A., Avenell A., Gamble G.D., Reid I.R. (2011)." Calcium supplements with or without vitamin D and risk of cardiovascular events: reanalysis of the Women's Health Initiative limited access dataset and meta-analysis." *BMJ*. Apr 19;342:d2040. doi: 10.1136/bmj.d2040

Braithwaite RS, Col NF, Wong JB. Estimating hip fracture morbidity, mortality and costs. *J Am Geriatr Soc* 2003;51:364-70

Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (2002) "Vierter Bericht zur Lage der älteren Generation." Bundestagsdrucksache 14/8822

Chaiwanichsiri D., Janchai S., Tantisiriwat N. (2009). "Foot disorders and falls in older persons." *Gerontology* 55(3): 296-302.

Chao Y., Shiozaki E.N., Srinivasula S.M., Rigotti D.J., Fairman R., Shi Y. (2005). "Engineering a dimeric caspase-9: a re-evaluation of the induced proximity model for caspase activation." *PLoS Biol* 3(6): e183.

Chew F.L., Yong C.K., Mas Ayu S.,Tajunisah I. (2010). "The association between various visual function tests and low fragility hip fractures among the elderly: a Malaysian experience." *Age Ageing* 39(2): 239-245.

Christ C.B.B., Boileau R.A., Slaughter J.R., Stillmann R J., Cameron J.A., Massey B.H. (1992). "Maximal voluntary isometric force production characteristics of six muscle groups in women aged 25 to 74 years." *American Journal of Human Biology* 4: 537 - 545

Civitell R. and Ziambaras K. (2008). "Epidemiology of glucocorticoid-induced osteoporosis." *J Endocrinol Invest* 31(7 Suppl): 2-6.

Clemson L., Cumming R.G., Roland, M. (1996). "Case-control study of hazards in the home and risk of falls and hip fractures." *Age Ageing* 25(2): 97-101.

Covinsky K.E., Kahana E., Kahana B., Kercher K., Schumacher J.G., Justice A.C. (2001). "History and mobility exam index to identify community-dwelling elderly persons at risk of falling." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56(4): M253-259.

Csuka M. and McCarty D.J. (1985). "Simple method for measurement of lower extremity muscle strength." *Am J Med* 78(1): 77-81.

Daynes R.A., Araneo B.A., Ershler W.B., Maloney C., Li G.Z., Ryu S.Y. (1993). "Altered regulation of IL-6 production with normal aging. Possible linkage to the age-associated decline in dehydroepiandrosterone and its sulfated derivative." *J Immunol* 150(12): 5219-5230.

De Nijs R.N. (2008). "Glucocorticoid-induced osteoporosis: a review on pathophysiology and treatment options." *Minerva Med* 99(1): 23-43.

De Rekeneire N., Visser M., Peila R., Nevitt M.C., Cauley J.A., Tylavsky F.A., Simonsick E.M., Harris T.B. (2003). "Is a fall just a fall: correlates of falling in healthy older persons. The Health, Aging and Body Composition Study." *J Am Geriatr Soc* 51(6): 841-846.

Degner C. (2006). *Der Voraussagewert von neuromuskulären Tests für das Sturzrisiko und das damit assoziierte Frakturrisiko bei postmenopausalen Frauen*. Berlin, Universitätsbibliothek Berlin.

Delbaere K., Crombez G., Vanderstraeten G., Willems T., Cambier D. (2004). "Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study." *Age Ageing* 33(4): 368-373.

Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM) (2004) "Ältere Sturzpatienten, Leitlinie Nr.4." Omikron publishing, Düsseldorf.

Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (DNQP) (2006). "Expertenstandard Sturzprophylaxe in der Pflege." Schriftenreihe des Deutschen Netzwerks für Qualitätsentwicklung in der Pflege Osnabrück, Fachhochschule Osnabrück.

Dirks A.J. and Leeuwenburgh C. (2005). "The role of apoptosis in age-related skeletal muscle atrophy." *Sports Med* 35(6): 473-483.

Doherty T.J. (2001). "The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength." *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 4(6): 503-508.

Doherty T.J., Vandervoort A.A., Taylor A.W., Brown, W.F. (1993). "Effects of motor unit losses on strength in older men and women." *J Appl Physiol* 74(2): 868-874.

Drew B., Phaneuf S., Dirks A., Selman C., Gredilla R., Lezza A., Barja G., Leeuwenburgh C. (2003). "Effects of aging and caloric restriction on mitochondrial energy production in gastrocnemius muscle and heart." *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 284(2): R474-480.

Dachverband Osteologie e.V. (DVO). (2006) "DVO-Leitlinie: Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Glukokortikoidinduzierten Osteoporose." S.14

Era P., Lyyra A.L., Viitasalo J.T., Heikkinen E. (1992). "Determinants of isometric muscle strength in men of different ages." *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 64(1): 84-91.

Evans D., Hodgkinson B., Lambert L., Wood J. (2001). "Falls risk factors in the hospital setting: a systematic review." *Int J Nurs Pract* 7(1): 38-45.

Evans W. (1997). "Functional and metabolic consequences of sarcopenia." *J Nutr* 127(5 Suppl): 998S-1003S.

Ferrucci L., Guralnik J.M., Buchner, D., Kasper J., Simonsick E.M., Corti M.C., Bandeen-Roche K., Fried L.P. (1997). "Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: the Women's Health and Aging Study." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52(5): M275-285.

Ferrucci L., Penninx B.W., Volpato S., Harris T.B., Bandeen-Roche K., Balfour J., Leveille S.G., Fried L.P., Md J.M. (2002). "Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels." *J Am Geriatr Soc* 50(12): 1947-1954.

Fiatarone M.A., Marks E.C., Ryan N.D., Meredith C.N., Lipsitz L.A., Evans W.J. (1990). "High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle." *JAMA* 263(22): 3029-3034.

Fleming B.E. and Pendergast D.R. (1993). "Physical condition, activity pattern, and environment as factors in falls by adult care facility residents." *Arch Phys Med Rehabil* 74(6): 627-630.

Fletcher P.C. and Hirdes J.P. (2004). "Restriction in activity associated with fear of falling among community-based seniors using home care services." *Age Ageing* 33(3): 273-279.

Foster-Burns S.B. (1999). "Sarcopenia and decreased muscle strength in the elderly woman: resistance training as a safe and effective intervention." *J Women Aging* 11(4): 75-85.

Freiberger E., Schöne D. (2009). *Sturzprophylaxe im Alter*. Köln, Deutscher-Ärzte-Verlag.

French D.D., Werner D.C., Campbell R.R., Powell-Cope G.M., Nelson A.L., Rubenstein L.Z., Bulat T., Spehar A.M. (2007). "A multivariate fall risk assessment model for VHA nursing homes using the minimum data set." *J Am Med Dir Assoc* 8(2): 115-122.

Fried L.P., Tangen C.M., Walston J., Newman A.B., Hirsch C., Gottdiener J., Seeman T., Tracy R., Kop W.J., Burke G., McBurnie M.A. (2001). "Frailty in older adults: evidence for a phenotype." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56(3): M146-156.

Frontera, W. R., V. A. Hughes, et al. (2000). "Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study." *J Appl Physiol* 88(4): 1321-1326.

Frost H.M. (1987). "The mechanostat: a proposed pathogenic mechanism of osteoporoses and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents." *Bone Miner* 2(2): 73-85.

Gaebler S. (1993). "Predicting which patient will fall again ... and again." *J Adv Nurs* 18(12): 1895-1902.

Ganz D.A., Bao Y., Shekelle P.G., Rubenstein L.Z. (2007). "Will my patient fall?" *JAMA* 297(1): 77-86.

Gassmann K.G., Rupprecht R., Freiberger E. (2009). "Predictors for occasional and recurrent falls in community-dwelling older people." *Z Gerontol Geriatr* 42(1): 3-10.

Giampaoli S., Ferrucci L., Cecchi F., Lo Noce C., Poce A., Dima F., Santaquilani A., Vescio M.F., Menotti A. (1999). "Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men." *Age Ageing* 28(3): 283-288.

Gillespie L.D., Gillespie W.J., Robertson M.C., Lamb S.E., Cumming R.G., Rowe B.H. (2003). "Interventions for preventing falls in elderly people." Cochrane Database Syst Rev(4): CD000340.

Gillespie L.D., Robertson M.C., Gillespie W.J., Lamb S.E., Gates S., Cumming R.G., Rowe B.H. (2009). "Interventions for preventing falls in older people living in the community." Cochrane Database Syst Rev(2): CD007146.

Goebel S. (2002). "Entwicklung, Überprüfung und Normierung eines Kraftmessverfahrens. Ein Beitrag zur Diagnose des Status und der Entwicklung der isometrischen Maximalkraft bei 50- bis 75-jährigen Frauen und Männern. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde." Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.

Gostynski M., Ajdacic-Gross V., Gutzwiller F., Michel, J.P., Herrmann F. (1999). "Epidemiological analysis of accidental falls by the elderly in Zurich and Geneva." Schweiz Med Wochenschr 129(7): 270-275.

Gray P. and Hildebrand K. (2000). "Fall risk factors in Parkinson's disease." J Neurosci Nurs 32(4): 222-228.

Gulich M., Spreng T., Spreng K., Schaden H., Zeitler H.P. (2000). "Stürze älterer Menschen - Ergebnisse einer epidemiologischen Erhebung." ZFA 76(9): 434-438

Guralnik J.M., Ferrucci L., Simonsick E.M., Salive M.E., Wallace R.B. (1995). "Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability." N Engl J Med 332(9): 556-561.

Hamada K., Vannier E., Sacheck J.M., Witsell A.L., Roubenoff, R. (2005). "Senescence of human skeletal muscle impairs the local inflammatory cytokine response to acute eccentric exercise." FASEB J 19(2): 264-266.

Hasten D.L., Pak-Loduca J., Obert K.A., Yarasheski K.E. (2000). "Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds." *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278(4): E620-626.

Hauer K., Lamb S.E., Jorstad E.C., Todd C., Becker C. (2006). "Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomised controlled fall prevention trials." *Age Ageing* 35(1): 5-10.

Hauer K., Pfisterer M., Schuler M., Bartsch P., Oste P. (2003). "Two years later: a prospective long-term follow-up of a training intervention in geriatric patients with a history of severe falls." *Arch Phys Med Rehabil* 84(10): 1426-1432.

Hendrich A., Nyhuis A., Kippenbrock T., Soja M.E. (1995). "Hospital falls: development of a predictive model for clinical practice." *Appl Nurs Res* 8(3): 129-139.

Herman S., Kiely D.K., Leveille S., O'Neill E., Cyberey S., Bean J.F. (2005). "Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60(4): 476-480.

Hollmann W. (1993). "Aging, flexibility, training." *Z Gerontol* 26(1): 8-12.

Hollmann W., Strüder H.K., (2009, 5.Auflage). "Sportmedizin." Stuttgart, Schattauer-Verlag.

Holtzer R., Friedman R., Lipton R.B., Katz M., Xue X., Verghese J. (2007). "The relationship between specific cognitive functions and falls in aging." *Neuropsychology* 21(5): 540-548.

Huang T.T. (2005). "Home environmental hazards among community-dwelling elderly persons in Taiwan." *J Nurs Res* 13(1): 49-57.

Hubacher M., Ewert U. (1997) "Das Unfallgeschehen bei Senioren ab 65 Jahren." Bfu-Report Vol. 32.

Hughes M.A., Myers B.S., Schenkman M.L. (1996). "The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly." J Biomech 29(12): 1509-1513.

Hughes M.A. and Schenkman M.L. (1996). "Chair rise strategy in the functionally impaired elderly." J Rehabil Res Dev 33(4): 409-412.

Hughes V.A., Frontera W.R., Wood M., Evans W.J., Dallal G.E., Roubenoff R., Fiatarone Singh M.A. (2001). "Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health." J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56(5): B209-217.

Hunter G.R., McCarthy J.P., Bamman M.M. (2004). "Effects of resistance training on older adults." Sports Med 34(5): 329-348.

Hurley B.F. (1995). "Age, gender, and muscular strength." J Gerontol A Biol Sci Med Sci 50 Spec No: 41-44.

Husom A.D., Ferrington D.A., Thompson L.V. (2005). "Age-related differences in the adaptive potential of type I skeletal muscle fibers." Exp Gerontol 40(3): 227-235.

Iranmanesh A., Lizarralde G., Veldhuis J.D. (1991). "Age and relative adiposity are specific negative determinants of the frequency and amplitude of growth hormone (GH) secretory bursts and the half-life of endogenous GH in healthy men." J Clin Endocrinol Metab 73(5): 1081-1088.

Ivers R.Q., Norton R., Cumming R.G., Butler M., Campbell A.J. (2000). "Visual impairment and risk of hip fracture." Am J Epidemiol 152(7): 633-639.

Izquierdo M., Ibanez J., Gorostiaga E., Garrues M., Zuniga A., Anton A., Larrion J.L., Hakkinen K. (1999). "Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men." *Acta Physiol Scand* 167(1): 57-68.

Jackson R.D. et al. (2006). "Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures." *N Engl J Med*. Feb 16;354(7):669-83.

Janssen W.G., Bussman H.B., Stam H.J. (2002). "Determinants of the sit-to-stand movement: a review." *Phys Ther* 82(9): 866-879.

Jensen J., Lundin-Olsson L., Nyberg L., Gustafson Y. (2002). "Fall and injury prevention in older people living in residential care facilities. A cluster randomized trial." *Ann Intern Med* 136(10): 733-741.

Jespersen J., Pedersen T.G., Beyer N. (2003). "[Sarcopenia and strength training. Age-related changes: effect of strength training]." *Ugeskr Laeger* 165(35): 3307-3311.

Jorstad E.C., Hauer K., Becker C., Lamb S.E. (2005). "Measuring the psychological outcomes of falling: a systematic review." *J Am Geriatr Soc* 53(3): 501-510.

Kawamura Y. and Dyck P.J. (1977). "Lumbar motoneurons of man: III. The number and diameter distribution of large- and intermediate- diameter cytons by nuclear columns." *J Neuropathol Exp Neurol* 36(6): 956-963.

Kiely D.K., Kiel D.P., Burrows A.B., Lipsitz L.A. (1998). "Identifying nursing home residents at risk for falling." *J Am Geriatr Soc* 46(5): 551-555.

King A.C., Rejeski W.J., Buchner D.M. (1998). "Physical activity interventions targeting older adults. A critical review and recommendations." *Am J Prev Med* 15(4): 316-333.

King M.B. and Tinetti M.E. (1995). "Falls in community-dwelling older persons." *J Am Geriatr Soc* 43(10): 1146-1154.

Kolb G.F., Leischker A.H., (2009). "Medizin des alternden Menschen." Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Kosek D.J., Kim J.S., Petrella J.K., Cross, J.M., Bamman M.M. (2006). "Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults." *J Appl Physiol* 101(2): 531-544.

Koski K., Luukinen H., Laippala P., Kivela S.L. (1998). "Risk factors for major injurious falls among the home-dwelling elderly by functional abilities. A prospective population-based study." *Gerontology* 44(4): 232-238.

Kron M., Loy S., Sturm E., Nikolaus T., Becker C. (2003). "Risk indicators for falls in institutionalized frail elderly." *Am J Epidemiol* 158(7): 645-653.

Lang T., Streeper T., Cawthon P., Baldwin K., Taaffe D.R., Harris T.B. (2010). "Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment." *Osteoporos Int* 21(4): 543-559.

Larsson L., Grimby G., Karlsson J. (1979). "Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology." *J Appl Physiol* 46(3): 451-456.

Leclerc B.S., Begin C., Cadieux E., Goulet L., Allaire J.F., Meloche J., Leduc N., Kergoat M.J. (2010). "Relationship between home hazards and falling among community-dwelling seniors using home-care services." *Rev Epidemiol Sante Publique* 58(1): 3-11.

Legters K. (2002). "Fear of falling." *Phys Ther* 82(3): 264-272.

Leipzig R.M., Cumming R.G., Tinetti M.E. (1999a). "Drugs and falls in older people: a systematic review and meta-analysis: I. Psychotropic drugs." *J Am Geriatr Soc* 47(1): 30-39.

Leipzig R.M., Cumming R.G., Tinetti M.E. (1999b). "Drugs and falls in older people: a systematic review and meta-analysis: II. Cardiac and analgesic drugs." *J Am Geriatr Soc* 47(1): 40-50.

Lexell J. (1995). "Human aging, muscle mass, and fiber type composition." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50 Spec No: 11-16.

Lexell J., Taylor C.C., Sjostrom M. (1988). "What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men." *J Neurol Sci* 84(2-3): 275-294.

Lindle R.S., Metter E.J., Lynch N.A., Fleg J.L., Fozard J.L., Tobin J., Roy T. A., Hurley, B. F. (1997). "Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr." *J Appl Physiol* 83(5): 1581-1587.

Lipsitz L.A., Jonsson P.V., Kelley M.M., Koestner J.S. (1991). "Causes and correlates of recurrent falls in ambulatory frail elderly." *J Gerontol* 46(4): M114-122.

Lord S.R. (2006). "Visual risk factors for falls in older people." *Age Ageing* 35 Suppl 2: ii42-ii45.

Lord S.R., Anstey K.J., Williams P., Ward J. A. (1995). "Psychoactive medication use, sensori-motor function and falls in older women." *Br J Clin Pharmacol* 39(3): 227-234.

Lord S.R., Clark R.D., Webster I.W. (1991). "Physiological factors associated with falls in an elderly population." *J Am Geriatr Soc* 39(12): 1194-1200.

Lord S.R., Dayhew J., Howland A. (2002). "Multifocal glasses impair edge-contrast sensitivity and depth perception and increase the risk of falls in older people." *J Am Geriatr Soc* 50(11): 1760-1766.

Lord S.R., Ward J.A., Williams P., Anstey K.J. (1994). "Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women." *J Am Geriatr Soc* 42(10): 1110-1117.

McCarthy E.K., Horvat M.A. , Holtsberg P.A., Wisenbaker, J.M. (2004). "Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59(11): 1207-1212.

McComas A.J., Galea V., de Bruin H. (1993). "Motor unit populations in healthy and diseased muscles." *Phys Ther* 73(12): 868-877.

Melzer I., Benjuya N., Kaplanski J. (2001). "Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks." *Gerontology* 47(4): 189-194.

Menz H.B. and Lord S.R. (2001). "The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people." *J Am Geriatr Soc* 49(12): 1651-1656.

Metter E.J., Conwit R., Tobin J., Fozard J.L. (1997). "Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52(5): B267-276.

Moreland J., Richardson J., Chan D.H., O'Neill J., Bellissimo A., Grum R.M., Shanks L. (2003). "Evidence-based guidelines for the secondary prevention of falls in older adults." *Gerontology* 49(2): 93-116.

Morita M., Takamura N., Kusano Y., Abe Y., Moji K., Takemoto T., Aoyagi K. (2005). "Relationship between falls and physical performance measures among community-dwelling elderly women in Japan." *Aging Clin Exp Res* 17(3): 211-216.

Moxley Scarborough D., Krebs D.E., Harris B.A. (1999). "Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons." *Gait Posture* 10(1): 10-20.

Muir S.W., Berg K., Chesworth B., Klar N., Speechley M. (2010). "Balance impairment as a risk factor for falls in community-dwelling older adults who are high functioning: a prospective study." *Phys Ther* 90(3): 338-347.

Murphy S.L., Dubin J.A., Gill T.M. (2003). "The development of fear of falling among community-living older women: predisposing factors and subsequent fall events." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58(10): M943-947.

Murphy S.L., Williams C.S., Gill T.M. (2002). "Characteristics associated with fear of falling and activity restriction in community-living older persons." *J Am Geriatr Soc* 50(3): 516-520.

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* 39(8): 1435-1445.

Nevitt M.C., Cummings S.R., Kidd S., Black D. (1989). "Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study." *JAMA* 261(18): 2663-2668.

Newbury J.W., Marley J.E., Beilby J.J. (2001). "A randomised controlled trial of the outcome of health assessment of people aged 75 years and over." *Med J Aust* 175(2): 104-107.

Nikolaus T., Becker C. (1999). "Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern. Erster Jahresbericht des Ulmer Modellvorhabens."

Norton M., Karzcub D. (2003). "Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers." Cambridge University Press, Cambridge, pp. 37-56

Oppenheim A.V., Schafer R.W. (1975). "Digital Signal Processing." Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall

Pijnappels M., van der Burg P.J., Reeves N.D., van Dieen J.H. (2008). "Identification of elderly fallers by muscle strength measures." *Eur J Appl Physiol* 102(5): 585-592.

Porter M.M., Vandervoort A.A. , Lexell J. (1995). "Aging of human muscle: structure, function and adaptability." *Scand J Med Sci Sports* 5(3): 129-142.

Rankin J.K., Woollacott M.H., Shumway-Cook A., Brown L.A. (2000). "Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55(3): M112-119.

Rantanen T., Era P., Heikkinen E. (1997). "Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years." *J Am Geriatr Soc* 45(12): 1439-1445.

Rantanen T., Guralnik J. M., Foley D., Masaki K., Leveille S., Curb J.D., White L. (1999). "Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability." *JAMA* 281(6): 558-560.

Rantanen T., Guralnik J.M., Sakari-Rantala R., Leveille S., Simonsick E.M., Ling S., Fried L.P. (1999). "Disability, physical activity, and muscle strength in older women: the Women's Health and Aging Study." *Arch Phys Med Rehabil* 80(2): 130-135.

Rantanen T., Heikkinen E. (1998b). "The role of habitual physical activity in preserving muscle strength from age 80 to 85 years." *Journal of Aging and Physical Activity*, 6,2: 121-132.

Ray W.A., Taylor J.A., Meador K.G., Thapa P.B., Brown A.K., Kajihara H.K., Davis C., Gideon P., Griffin M.R. (1997). "A randomized trial of a consultation service to reduce falls in nursing homes." *JAMA* 278(7): 557-562.

Ray W.A., Thapa P.B., Gideon P. (2000). "Benzodiazepines and the risk of falls in nursing home residents." *J Am Geriatr Soc* 48(6): 682-685.

Redfern M.S., Jennings J.R., Martin C., Furman J.M. (2001). "Attention influences sensory integration for postural control in older adults." *Gait Posture* 14(3): 211-216.

Reid D.M., Adami S., Devogelaer J.P., Chines A.A. (2001). "Risedronate increases bone density and reduces vertebral fracture risk within one year in men on corticosteroid therapy." *Calcif Tissue Int* 69(4): 242-247.

Richardson J.K. (2002). "Factors associated with falls in older patients with diffuse polyneuropathy." *J Am Geriatr Soc* 50(11): 1767-1773.

Rikli R.E. and Jones C.J. (1999b). "Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94." *Journal of aging and Physical Activity* 7(2): 162-181.

Riley P.O., Schenkman M.L., Mann R.W., Hodge W.A. (1991). "Mechanics of a constrained chair-rise." *J Biomech* 24(1): 77-85.

Rodosky M.W., Andriacchi T.P., Andersson G.B. (1989). "The influence of chair height on lower limb mechanics during rising." *J Orthop Res* 7(2): 266-271.

Roubenoff R. (2000). "Sarcopenia: a major modifiable cause of frailty in the elderly." *J Nutr Health Aging* 4(3): 140-142.

Roubenoff R. (2003). "Catabolism of aging: is it an inflammatory process?" *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 6(3): 295-299.

Rubenstein L.Z., Robbins A.S., Schulman B.L., Rosado J., Osterweil D., Josephson K. R. (1988). "Falls and instability in the elderly." *J Am Geriatr Soc* 36(3): 266-278.

Runge M. and Schacht E. (1999). "Proximal femoral fractures in the elderly: pathogenesis, sequelae, interventions." *Rehabilitation (Stuttg)* 38(3): 160-169.

Sayer A.A., Syddall H.E., Martin H.J., Dennison E.M., Roberts H.C., Cooper C. (2006). "Is grip strength associated with health-related quality of life? Findings from the Hertfordshire Cohort Study." *Age Ageing* 35(4): 409-415.

Schaap L.A., Pluijm S.M., Deeg D. J., Visser M. (2006). "Inflammatory markers and loss of muscle mass (sarcopenia) and strength." *Am J Med* 119(6): 526 e529-517.

Schenkman M., Hughes M.A., Samsa G., Studenski S. (1996). "The relative importance of strength and balance in chair rise by functionally impaired older individuals." *J Am Geriatr Soc* 44(12): 1441-1446.

Schneider P., Schwab M., Hänscheid H. (2011). "Identification of some factors associated with risk of fall using a force platform and power spectrum analysis technique." J Biomech Vol.44: 2008-2012

Schneider P., Hänscheid H., Schwab M., Jakob F. (2009). "Assessment of neuromuscular function with a new ground reaction force platform using power spectrum analysis technique." O Dössel und WC Schlegel (Hrsg.): WC2009, IFMBE Proceedings 25/XII, 1-4

Schrager M.A., Metter E.J., Simonsick E., Ble A., Bandinelli S., Lauretani F., Ferrucci L. (2007). "Sarcopenic obesity and inflammation in the InChianti study." J Appl Physiol 102(3): 919-925.

Shaw F.E. (2002). "Falls in cognitive impairment and dementia." Clin Geriatr Med 18(2): 159-173.

Shaw F.E. and Kenny R.A. (1998). "Can falls in patients with dementia be prevented?" Age Ageing 27(1): 7-9.

Sheridan P.L. and Hausdorff J.M. (2007). "The role of higher-level cognitive function in gait: executive dysfunction contributes to fall risk in Alzheimer's disease." Dement Geriatr Cogn Disord 24(2): 125-137.

Sheridan P.L., Solomont J., Kowall N., Hausdorff J.M. (2003). "Influence of executive function on locomotor function: divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease." J Am Geriatr Soc 51(11): 1633-1637.

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(5): 371-377.

Smith E. (1982). "Exercise for prevention of osteoporosis: A review." *The Physician and Sportsmedicine* 10(3): 72-83.

Speechley M. and Tinetti M. (1991). "Falls and injuries in frail and vigorous community elderly persons." *J Am Geriatr Soc* 39(1): 46-52.

Spiriduso W., Francis K., McRae P. (2005, 2. Auflage). "Physical dimensions of aging." Champaign, Human Kinetics.

Stalenhoef P.A., Diederiks J.P., Knottnerus, J.A., Kester A.D., Crebolder H.F. (2002). "A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study." *J Clin Epidemiol* 55(11): 1088-1094.

Steinberg M., Cartwright C., Peel N., Williams G. (2000). "A sustainable programme to prevent falls and near falls in community dwelling older people: results of a randomised trial." *J Epidemiol Community Health* 54(3): 227-232.

Stevens J.A. and Olson S. (2000). "Reducing falls and resulting hip fractures among older women." *MMWR Recomm Rep* 49(RR-2): 3-12.

Syddall H., Cooper C., Martin F., Briggs R., Aihie Sayer A. (2003). "Is grip strength a useful single marker of frailty?" *Age Ageing* 32(6): 650-656.

Szulc P., Duboeuf F., Marchand F., Delmas P.D. (2004). "Hormonal and lifestyle determinants of appendicular skeletal muscle mass in men: the MINOS study." *Am J Clin Nutr* 80(2): 496-503.

Thomas P., Hazif Thomas C., Billon R., Peix R., Faugeron P., Clement J.P. (2009). "Depression and frontal dysfunction: risks for the elderly?." *Encephale* 35(4): 361-369.

Tideiksaar R. (2008, 2.Auflage). "Stürze und Sturzprävention. Assessment - Prävention - Management." Bern, Huber Verlag.

Tinetti M.E., Liu W.L., Claus E.B. (1993). "Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons." JAMA 269(1): 65-70.

Tinetti M.E., Speechley M., Ginter S.F. (1988). "Risk factors for falls among elderly persons living in the community." N Engl J Med 319(26): 1701-1707.

Tomlinson B.E. and Irving D. (1977). "The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life." J Neurol Sci 34(2): 213-219.

Tragl K.H. (2000, 3. Auflage). "Stürze". In: Füsgen I. "Der ältere Patient - Problemorientierte Diagnostik und Therapie." München - Jena, Urban&Fischer: 319-331.

Tromp A.M., Pluijm S.M., Smit J.H., Deeg D.J., Bouter L.M., Lips P. (2001). "Fall-risk screening test: a prospective study on predictors for falls in community-dwelling elderly." J Clin Epidemiol 54(8): 837-844.

Van Staa T.P., Laan R.F., Barton I.P., Cohen S., Reid D.M., Cooper C. (2003). "Bone density threshold and other predictors of vertebral fracture in patients receiving oral glucocorticoid therapy." Arthritis Rheum 48(11): 3224-3229.

Vandervoort A.A. (1992). "Effects of ageing on human neuromuscular function: implications for exercise." Can J Sport Sci 17(3): 178-184.

Vestergaard P., Rejnmark L., Mosekilde, L. (2008). "Fracture risk associated with different types of oral corticosteroids and effect of termination of corticosteroids on the risk of fractures." Calcif Tissue Int 82(4): 249-257.

Weiß M., (2009, 2. Auflage). "Muskelkraft ist die stärkste Medizin." Stuttgart, Lüchow.

Willenberg H.S. and Lehnert H. (2008). "[Basics and management of glucocorticoid-induced osteoporosis]." *Internist (Berl)* 49(10): 1186-1190, 1192, 1194-1186.

Winegard K.J., Hicks A.L., Sale D.G., Vandervoort A.A. (1996). "A 12-year follow-up study of ankle muscle function in older adults." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 51(3): B202-207.

Wood B.H., Bilclough J.A., Bowron A., Walker R.W. (2002). "Incidence and prediction of falls in Parkinson's disease: a prospective multidisciplinary study." *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 72(6): 721-725.

Yamada T. and Demura S. (2009). "Relationships between ground reaction force parameters during a sit-to-stand movement and physical activity and falling risk of the elderly and a comparison of the movement characteristics between the young and the elderly." *Arch Gerontol Geriatr* 48(1): 73-77.

Yardley L. and Smith H. (2002). "A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community-living older people." *Gerontologist* 42(1): 17-23.

Young A., Stokes M., Crowe M. (1984). "Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women." *Eur J Clin Invest* 14(4): 282-287.

Young A., Stokes M., Crowe M. (1985). "The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men." *Clin Physiol* 5(2): 145-154.

Zijlstra G.A., van Haastregt J.C., van Rossum E., van Eijk J.T., Yardley L., Kempen G. I. (2007). "Interventions to reduce fear of falling in community-living older people: a systematic review." *J Am Geriatr Soc* 55(4): 603-61

8 Anhang

8.1 Fragebogen

Tragen Sie eine Brille?

- ja
- nein oder nur zum Lesen

Lebensumstände:

- alleinstehend
- nicht alleinstehend

Nehmen Sie Medikamente ein?

- nein
- ja
- ja, mehr als drei

Nehmen Sie eine oder mehrere Medikamente aus folgenden Gruppen ein:

- Beruhigungs-/Schlaftabletten
- Cortison
- Mittel gegen Epilepsie
- Mittel gegen Depressionen
- andere Mittel gegen Nervenleiden

Leiden Sie an einer chronischen Erkrankung?

- nein
- ja

Leiden Sie unter einer der folgenden chronischen Erkrankungen:

- Zustand nach Schlaganfall
- Polyneuropathie (Taubheitsgefühl der Beine)
- Osteoporose
- M. Parkinson
- Depression
- Merkfähigkeitsstörung

Haben Sie Probleme mit Hüft-, Knie- oder Fußgelenken?

- nein
- ja

Hatten Sie Operationen an den Beinen oder Füßen?

- nein
- ja

Fühlen Sie sich durch Sehprobleme im Alltag beeinträchtigt?

- nein
- ja

Hat sich ihr Sehvermögen im letzten Jahr verschlechtert?

- Nein
- Ja

Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

- ausgezeichnet
- sehr gut
- gut
- weniger gut
- schlecht

Benützen Sie ein Hilfsmittel beim Gehen?

- nein
- ja
- wenn ja, welches:
 - Gehstock
 - Unterarmstützen
 - Rollator
 - Andere:

Wo fühlen Sie sich im Alltag unsicher oder eingeschränkt?

- nirgends
- Wohnung
- Badewanne hinein- oder heraussteigen
- Aufstehen vom Stuhl
- Treppensteigen
- Gehsteig/Bordsteinkante
- Überqueren der Straße
- Einkaufen
- Spazieren in der Natur
- Sonstiges

Sind Sie körperlich aktiv? (Sport, Spazieren gehen, etc.)

- fast täglich
- zwei- bis dreimal pro Woche
- gelegentlich

Leiden Sie unter Schwindel oder Gleichgewichtsstörungen?

- Nein
- Ja

Sind Sie in den letzten 12 Monaten gestürzt?

- Nein
- Ja
- Wenn ja:
 - wie oft:
 - bei welcher Tätigkeit:
 - mit welchen Folgen (Krankenhausaufenthalt, Knochenbrüche, sonstige Verletzungen):

Haben Sie Angst zu stürzen?

- Nein
- Ja

8.2 *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1 (S.7):

<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=913>

Abbildung 2 (S.7):

<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=913>

Abbildung 3 (S.13):

<http://www.waagen-meyer.de/images/BalanceXSensor.jpg>

Abbildung 4 (S.15):

<https://www.orthocanada.com/pro/img-Ortho3/produits/7B-Baseline-hand-Dynamometer.jpg>

Danksagung

Mein besonderer Dank für die gute Zusammenarbeit gilt dem Betreuer meiner Promotionsarbeit, Herrn Dr. Michael Schwab und meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Peter Schneider. Durch Herrn Dr. Schwab und Herrn Prof. Dr. Schneider bekam ich die Möglichkeit an dieser Studie mitzuarbeiten und sie begleiteten mich während der Bearbeitung des Themas mit wichtigen gedanklichen Impulsen und Ratschlägen.

Ein herzlicher Dank geht auch an Johannes Hain, der mir bei statistischen Problemen zur Seite stand und mir zahlreiche Fragen geduldig beantwortete.

Ohne meine damalige Kommilitonin Carol Hauptmeier wäre eine Erhebung der Daten in diesem Umfang nicht möglich gewesen. Ich danke ihr für die gemeinsame Zeit auf der Mainfranken-Messe, ihren Humor und für ihre Mühe beim Übertragen der Daten.

Außerdem möchte ich mich auf diesem Wege noch einmal bei allen Teilnehmern bedanken, die uns ihre Zeit zur Verfügung gestellt und mitgemacht haben. Ohne Sie wäre diese Studienarbeit nicht zustande gekommen.

Mein Dank gilt darüber hinaus meinen Eltern, deren Unterstützung ich mir während des gesamten Studiums bis hierhin stets sicher sein durfte.

LEBENS LAUF

Persönliche Angaben

Name: Nina Christine Messerer

Persönlicher Werdegang

06/2001	Allgemeine Hochschulreife, Gymnasium Dinkelsbühl
04/2003 – 03/2005	Grundstudium der Humanmedizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen
04/2005 – 11/2009	Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
12/2009	Approbation als Ärztin