

**Aus der Neurologischen Universitätsklinik Tübingen**

**Abteilung Neurologie mit Schwerpunkt**

**Neurodegenerative Erkrankungen**

**Der Functional-Reach-Test in einer Kohorte von 1100  
Personen mit und ohne Risikofaktoren für  
Neurodegeneration:  
Einflussfaktoren, Cut-off-Werte und Assoziation mit  
klinischen Symptomen und Sturzrisiko**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Kormeier, Sebastian**

**2021**

Dekan:

Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter:

Professor Dr. W. Maetzler

2. Berichterstatter:

Privatdozent Dr. B. Steinhilber

Tag der Disputation:

08.12.2021

Meiner Frau Kerstin und meinen Kindern Mattis, Jette und Jonte gewidmet.

„Gehe nicht, wohin der Weg führen mag,  
sondern dorthin,  
wo kein Weg ist und hinterlasse eine Spur.“*(Jean Paul)*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	DER FUNCTIONAL-REACH-TEST	1
1.1.1	<i>Durchführung und Modifikationen</i>	1
1.1.2	<i>Gütekriterien</i>	3
1.1.3	<i>Cut-off-Werte</i>	4
1.1.4	<i>Anwendungsgebiete/-bereiche</i>	5
1.1.5	<i>Einflussfaktoren</i>	7
1.2	STURZ	11
1.2.1	<i>Definition</i>	11
1.2.2	<i>Bedeutung von Stürzen für die Gesellschaft</i>	12
1.2.3	<i>Assoziation mit Gebrechlichkeit (Frailty)</i>	12
1.2.4	<i>Früherkennung von Stürzen</i>	13
1.3	HYPOTHESEN	15
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>16</b>
2.1	TREND-STUDIE	16
2.2	STICHPROBE	17
2.3	ASSESSMENTS DES 1. FOLLOW-UP	19
2.4	AXIALE MOTORISCHE TESTUNG	22
2.4.1	<i>Functional-Reach-Test</i>	24
2.5	GRUPPENEINTEILUNG	26
2.6	STATISTIK	26
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>28</b>
3.1	DESKRIPTIVE STATISTIK	28
3.1.1	<i>Überblick über die Gesamtkohorte</i>	28
3.2	EINFLUSSFAKTOREN	30
3.2.1	<i>Analyse von Einflussfaktoren aus der Literatur</i>	30
3.2.2	<i>Analyse von weiteren möglichen Einflussfaktoren</i>	32
3.2.2.1	Schematische Darstellung einzelner Kategorien der signifikanten Einflussfaktoren	35
3.2.2.2	Einfluss des Untersuchers auf die Reichweite im FRT	35
3.3	CUT-OFF-WERTE	37
3.3.1	<i>Einteilung der Gruppe nach Cut-off-Werten</i>	37
3.3.2	<i>Korrelation mit Stürzen und Sturzrisiko/-vorhersage</i>	41

<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>43</b>
4.1	STELLENWERTE DER EINFLUSSFAKTOREN .....	43
4.2	VERWENDUNG DER CUT-OFF-WERTE.....	51
4.3	EINSCHÄTZUNG DES STURZRISIKOS .....	52
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>68</b>
<b>9</b>	<b>ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL.....</b>	<b>69</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### A

AIC.....Akaike-Informationskriteriums  
AV.....*Atrioventrikulär*

### B

BBS.....*Berg-Balance-Skala*  
BDI.....Beck-Depressions-Inventar  
BIC.....Bayessches Informationskriterium  
bzgl.....*bezüglich*  
bzw.....*beziehungsweise*

### C

ca.....*circa*  
CEARD. Consortium to Establish a Registry  
for Alzheimer's Disease  
cm.....*Zentimeter*

### D

d.h.....*das heißt*  
DNA.....*Desoxyribonucleinsäure*

### E

etc.....*et cetera*

### F

FRT.....*Functional Reach Test*

### G

GDS.....Geriatric Depression Scale  
ggf.....*gegebenfalls*

### I

ICD-10.....International Classification of  
Diseases 10th Edition  
iPS.....Idiopathisches Parkinson Syndrom  
ISDC.... International Classification of Sleep  
Disorders

### K

kg *Kilogramm*

### M

m.....*Meter*  
mg.....*Milligramm*

### N

NIRS.....Nahinfrarot-Spektroskopie

### P

PRIPS..... Prospective evaluation of Risk  
factors for Idiopathic Parkinson's disease  
study

### R

RBDREM Sleep Behaviour Disorder / REM-  
Schlafverhaltensstörung  
RBDSQ.....REM-Sleep-Behavior-Disorder-  
Screening- Questionnaire  
REM.....*rapid eye movement*

### S

SD..... Secure Digital Memory

### T

TREND .. Tübinger Studie zu Risikofaktoren  
zur Erkennung von NeuroDegeneration  
TUG.....*Timed-up-and-Go-Test*

### U

UPDRS...Unified Parkinson Disease Rating  
Scale

### V

vgl.....*vergleiche*

z.B. .... zum Beispiel

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 DER FUNCTIONAL-REACH-TEST

Der Functional-Reach-Test wurde erstmalig 1990 von Duncan beschrieben und durchgeführt (Duncan, 1990). Es handelt sich um eine Messmethode des statischen Gleichgewichts in „Extremposition“ (limit of stability), nach maximaler Bewegung nach vorne. Diese misst das Stabilitätslimit, im Gegensatz zu den weiter verbreiteten Messungen im Bereich des Massenschwerpunktes (center of mass, d.h. im aufrechten Stand). Dabei spielt neben der koordinativen und muskulären Belastung auch die Verlagerung des Körperschwerpunktes und die angewendete Bewegungsstrategie eine Rolle (Kage, 2009). Der Test ist einfach, kostengünstig und unkompliziert durchführbar.

### 1.1.1 Durchführung und Modifikationen

In der ursprünglichen Version des [FRT] steht der zu Untersuchende zu Beginn des Testes in aufrechter Körperposition 90° zu einer Wand versetzt, den dominanten Arm zur Wand gerichtet. Auf Höhe des Acromion ist eine Messleiste angebracht. Die Position der Füße ist zu Beginn der Messung festgelegt. Dabei sollten die Probanden in einer bequemen Haltung mit etwa schulterbreit positionierten Füßen stehen. Anschließend wird der dominante Arm nach vorne ausgestreckt und eine Faust gemacht. Die Position des dritten Fingerknöchels wird von der Messleiste abgelesen und notiert. Anschließend lehnt sich der zu Untersuchende so weit wie möglich nach vorne, ohne dabei die Wand mit dem Arm zu berühren oder einen Schritt nach vorne machen zu müssen. Dabei kann die Technik zum Erreichen der maximalen Reichweite frei gewählt werden, solange die oben genannten Bedingungen eingehalten werden und der ausgestreckte Arm auf Acromionhöhe gehalten wird. Nach Erreichen der Endposition wird erneut die Position des dritten Fingerknöchels des ausgestreckten Arms von der Messleiste abgelesen und notiert. Die funktionelle Reichweite ergibt sich aus der Differenz der beiden Messungen.



Die Anzahl der Wiederholungen wirkt sich nicht relevant auf die Reliabilität aus (Martins, 2012; Behrman, 2002).

Modifikationen des Functional-Reach-Tests finden sich vor allem im Rahmen der Erweiterung der zu untersuchenden Probanden wieder. Bei bestehender Unfähigkeit zu stehen, kann der FRT auch im Sitzen durchgeführt werden (Lynch, 1998). Bei Patienten mit einer Rückenmarksverletzung fehlen hinsichtlich des Vergleichs zwischen den einzelnen Verletzungshöhen noch Vergleichswerte, jedoch konnten bezüglich der ermittelten Reichweiten Unterschiede innerhalb der untersuchten Gruppen gezeigt werden. Bei Patienten mit Hemiparesen im Rahmen eines Schlaganfalls konnten ebenfalls Unterschiede im Hinblick auf den Verlauf der Erkrankung und besonders auf den Verlauf der Parese ermittelt werden (Katz-Leurer M., 2009). Im Rahmen dieser Studie erfolgten auch Untersuchungen der anderen Ebenen des FRT im Sinne eines multidirektionalen Reichweitentests. Insbesondere Messungen nach lateral zeigten hier signifikante Unterschiede zwischen den Kontrollen und den erkrankten Probanden. Eine Korrelation unter den verschiedenen Ebenen konnte jedoch nur moderat bei gesunden Probanden gezeigt werden, mit der höchsten Korrelation zwischen der Bewegung zu den Seiten. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass unterschiedliche Einflussfaktoren vorliegen können abhängig von der entsprechend evaluierten Bewegungsebene.

Ähnliches zeigte sich auch bei Takahashi et al.. Hier konnte unter isolierter Betrachtung des klassischen und des lateralen FRT keine Korrelation zwischen den beiden Untersuchungen gezeigt werden (Takahashi, 2006).

Die Modifikationen an der Durchführung auch zu Veränderungen der Einflussfaktoren führen, zeigt sich auch im Vergleich zwischen dem standardisierten FRT und der Messung mit beiden nach vorne ausgestreckten Armen (Kage, 2009). Zum einen ergab sich eine Abnahme der Validität und zum anderen zeigte sich ein deutlich erhöhter Einfluss von Bewegungsstrategien auf den modifizierten FRT.

Bei Veränderungen des Aufbaus ergeben sich gute Korrelationen zwischen der klassischen und der modifizierten Version (Demura S-I., 2007). Es handelt sich hierbei um eine ansatzweise zielgerichtete Bewegung, sodass höhere

Reichweiten beobachtet werden konnten, als beim klassischen FRT. Darüber hinaus zeigt sich auch eine gewisse Übungs- und Verbesserungskomponente (Lin, 2012). Hier konnte gezeigt werden, dass bei nur einer Wiederholung die Reliabilität sinkt und auch der Untersuchereinfluss zunimmt. Die funktionelle Reichweite kann durch Übung und Rehabilitation positiv beeinflusst werden und der Functional-Reach-Test findet in diesem Zusammenhang auch Anwendung als Untersuchungsmethode zur Verlaufskontrolle.

Neuere Studien zeigen, dass die manuelle Messung der funktionellen Reichweite, durch exaktere computerisierte Messmethoden ersetzt werden kann (Scena, 2016). Diese Messungen sind mittlerweile auch in Echtzeit im ambulanten Rahmen möglich, um erhöhte Risiken, die eine reduzierte funktionelle Reichweite mitbringt, frühzeitig zu erkennen (Williams, 2017). Bisher wurde dieses sogenannte „mStroke-System“ nur auf Studienebene verwendet und fand noch keinen Eingang in die Klinik und die ambulante Patientenversorgung. Diesbezüglich stehen aber weitere Untersuchungen an. Es konnte jedoch bereits eine gute Reliabilität nachgewiesen werden.

### 1.1.2 Gütekriterien

Die Test-Retest Reliabilität der funktionellen Reichweite zeigt eine hohe Reproduzierbarkeit des Testes. Zusätzlich besteht mit einer Interrater-Reliabilität [ICC] von 0,92 nur ein geringer Einfluss des Untersuchers auf die Testergebnisse (Duncan, 1990).

Diese Werte der Erstbeschreibung werden weitestgehend durch weitere Studien bestätigt, trotz nachgewiesener Abweichungen. Diese kommen abhängig von den Anwendungsgebieten und den entsprechenden Probanden zustande, aber liegen immer noch in einem akzeptablen Bereich (Tager IB., 1998). Es zeigt sich bei Martins eine Interrater-Reliabilität von 0,79 und eine Retest-Reliabilität von 0,82 (Martins, 2012). Weitere ermittelte Werte lagen für die Retest-Reliabilität zwischen 0,73 und 0,79 (Giorgetti, 1998) bzw. 0,87, und für die Interrater-Reliabilität bei 0,97 (Franchignoni, 1998).

Auch nach Modifikation der Testdurchführung und -bedingungen lassen sich weiterhin gute Reliabilität und Intra-Klassen-Koeffizienten nachweisen. Diese

liegen über 0,92 (Newton, 2001) bzw. zwischen 0,9 und 0,97 (Katz-Leurer M., 2009).

### 1.1.3 Cut-off-Werte

Um Probanden nach Risiko zu stratifizieren werden die Ergebnisse des FRTs häufig in einen von drei Bereichen eingestuft, die auch in dieser Arbeit herangezogen werden. Die Einteilung erfolgte 1992 durch Duncan und hat seither Bestand. Ein Wert über 25,4 cm entspricht dabei der Norm und geht mit keinem erhöhten Risiko für Stürze einher. Werte unter 15,2 cm hingegen bedeuten ein vierfach erhöhtes Risiko zu stürzen gegenüber Individuen mit Werten über 25,4 cm. Der Bereich dazwischen wurde mit einem doppelt so hohen Sturzrisiko eingeschätzt (Duncan, 1992). Dies gilt für Probanden über 70 Jahre.

Neben der Einschätzung des Sturzrisikos kann diese Einteilung der funktionellen Reichweite nach den Cut-off-Werten auch für die Einschätzung von Gebrechlichkeit im Alter sinnvoll sein (Weiner, 1993). Ein Wert unter 17,8 cm wird als Marker für physische „frailty“ beschrieben und kann mit guter Sensitivität (73%) und sehr guter Spezifität (88%) zwischen Individuen mit positiver und negativer Sturzanamnese ( $\geq 2$  Stürze bzw.  $< 2$  Stürze) unterscheiden (Murphy, 2003).

Dass diese Einteilung sinnvoll ist, zeigen auch anderen Studien, die mit veränderten Cut-off-Werten insgesamt gesehen keine Verbesserung der Eigenschaften erzielen konnten. Eine Veränderung der Bereiche führt dazu, dass der FRT in einer Kohorte mit Probanden, die im Durchschnitt bereits unter 25,4 cm liegen, eine Differenzierung zwischen sturzgefährdeten und solchen Individuen, die weniger gefährdet sind, nicht mehr zeigen kann (Thomas, 2019). Es konnte auch gezeigt werden, dass eine Anpassung der Bereiche zwar eine leichte Verbesserung der Sensitivität des FRT ergab, jedoch immer begleitet mit einer deutlichen Abnahme der Spezifität (Behrman, 2002; Dibble, 2006). In dieser Arbeit wurde daher die von Duncan beschriebene Einteilung beibehalten.

#### 1.1.4 Anwendungsgebiete/-bereiche

Die Anwendungsmöglichkeiten des kostengünstigen und einfach durchzuführenden FRT sind vielfältig. Eine aktuelle Metaanalyse hinsichtlich der Anwendung und der Anwendungsmöglichkeiten hatte alle Studien seit 1990 eingeschlossen, die sich mit der beobachteten Durchführung des Tests bei älteren Probanden beschäftigten, ohne dabei spezifische gesundheitliche Faktoren zu berücksichtigen. Es wurden 40 Studien gefunden, wovon sich 33 Studien mit der Beurteilung und Messung des Gleichgewichts beschäftigten und überschneidend 21 Studien mit der Evaluation des Sturzrisikos (Rosa, 2019). Daneben kann die Messmethode auch zur Einschätzung der Effekte einzelner therapeutischer Maßnahmen zur Prävention oder Rehabilitation herangezogen werden. Zum einen können Stabilisierungen des statischen Gleichgewichts in einer Verbesserung der funktionellen Reichweite abgebildet werden (Sousa, 2005), zum anderen können veränderte therapeutische Herangehensweisen bei zum Beispiel Patienten nach einem Schlaganfall durch eine Verbesserung der funktionellen Reichweite gegenüber anderen Therapieverfahren angedeutet werden (Fishbein, 2019; Illiesca, 2020).

Der FRT ist in der Lage in einer Kohorte älterer Erwachsener mit bereits stattgefundenen, wiederholten Stürzen ( $\geq 2$ ) und ohne Stürze retrospektiv zu unterscheiden (Duncan, 1992; Smithson, 1998; Davis, 1999; Huang, 2003; Spilg, 2003; Dibble, 2006; Almeida ST., 2012; Alenazi, 2018).

Der FRT ist jedoch nicht in der Lage einen einzigen Sturz vorherzusagen, weshalb sich in der Literatur auch Daten finden, die keine Unterscheidung zwischen Individuen mit mindestens einem Sturz und keinem Sturz zeigen. Die Gruppeneinteilung in all diesen Studien erfolgte in eine Gruppe ohne Sturzereignis und in eine Gruppe mit einem oder mehr Stürzen. Die Gruppe mit einem oder mehr Stürzen beinhaltet Probanden, die durch „Stolpern“ oder im Rahmen anderer Aktivitäten stürzten, sodass hier nicht zwingend eine Abnahme der Gleichgewichtsfähigkeiten als Ursache gesehen werden kann (Eagle, 1999; Daubney, 1999; Brauer, 2000; Wallmann, 2001; Yamada, 2010). Eine Vorhersage für den nächsten Sturz ist nicht möglich, jedoch die Einschätzung des Risikos zu stürzen bei älteren Erwachsenen.

Wie bereits erwähnt kann der FRT auch zur Evaluation von Gleichgewichtseinschränkungen (Knuchel, 2004) herangezogen werden. Dies gilt insbesondere für Patienten mit Erkrankungen des Gleichgewichtsorgans (Mann, 1996), neurodegenerativen Erkrankungen wie dem idiopathischen Parkinsonsyndrom (iPS) (Kamata, 2007; Jenkins, 2010; Hasmann, 2014) oder für Patienten nach einem Schlaganfall (Martins, 2012).

Insbesondere die Verlaufskontrollen zur Evaluation der therapeutischen Effekte lassen sich mit dem FRT erheben. Zahlreiche Studien dazu konnten zeigen, dass die funktionelle Reichweite durch gezielte Übungen, die auf eine Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten und der muskulären Kraft abzielen, verbessert werden kann (Granacher, 2013). Die Dauer der Übungen und eine konstante Durchführung haben dabei ebenfalls einen relevanten Einfluss (Rogers, 2001). Zudem profitieren Patienten mit einer Demenz von ambulanten physiotherapeutischen Maßnahmen. Der Benefit/Effekt wurde in der Metaanalyse von Almeida et al. unter anderem mit einer Verbesserung im FRT bestätigt (Almeida, 2019).

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass im Rahmen von Sturzpräventionsprogrammen eine Anpassung der häuslichen Sicherheit, sowie die Unterweisung der Individuen im Hinblick auf eine Sturzvermeidung, zwar eine Verbesserung der Lebensqualität und eine Reduktion der Sturzereignisse herbeiführen, dies sich aber nicht im FRT widerspiegelt (Lin, 2007).

Aufgrund einer hohen Anzahl von unterschiedlichen Einflussfaktoren auf den FRT variieren die Studienergebnisse jedoch weiterhin stark, sodass eine exakte Analyse aller Einflussfaktoren vor der Durchführung sinnvoll und notwendig ist.

Zusätzlich wird der FRT zum Vergleich anderer Messmethoden herangezogen (Mann, 1996). Er zeigte u.a. eine starke Korrelation mit der Berg-Balance-Skala [BBS] (Smith, 2004). Weiterhin kann er als Teil einer Testbatterie und bei bereits erfolgter Etablierung bei bestimmten Probandengruppen die Einführung und Validierung weiterer Testmethoden unterstützen (Johnston, 2013).

### 1.1.5 Einflussfaktoren

Die in der Literatur postulierten und nachgewiesenen Einflussfaktoren sind zahlreich und betreffen vor allem das muskuloskeletale System, wie auch die Kognition. Am relevantesten scheint jedoch das individuelle Alter des jeweiligen Probanden für die Performance beim FRT zu sein (Rosa, 2019).

Ein weiterer relevanter Einflussfaktor ist die verwendete Bewegungsstrategie bei der Durchführung des Testes. Wie bereits gesagt, misst der FRT das statische Gleichgewicht in der Bewegung nach vorne. Es ist eine Vielzahl von muskulären und neurologischen Systemen dabei nötig (Berg, 1989; Horak, 1987). Die angewendeten Bewegungsstrategien unterteilen sich in Flexionsbewegungen der Hüfte und der Sprunggelenke, sowie in Rotationsbewegungen des Stammes. Zusätzlich gibt es noch gemischte Bewegungsstrategien. Maranesi konnte 2013 letztere Strategien bei Diabetikern mit und ohne Neuropathie feststellen. Auffällig war, dass trotz unterschiedlicher gesundheitlicher Voraussetzungen die Probanden keine signifikanten Unterschiede in der funktionellen Reichweite zeigten, bei gleichzeitig jedoch unterschiedlichen Bewegungsstrategien (Maranesi, 2013). Der Einfluss einer Pallästhesie auf die funktionelle Reichweite konnte bereits 2005 von Cimbiz und Cakir nachgewiesen werden (Cimbiz, 2005). Weitere Studien zum Einfluss der diabetischen Neuropathie auf das Gleichgewicht und damit die funktionelle Reichweite bestätigen die Ergebnisse (Lin, 2010; Kraiwong, 2019). Darüber hinaus zeigte Kraiwong eine Korrelation des FRT mit der muskulären Stärke der unteren Extremität auf, womit die angewendete Bewegungsstrategie maßgeblich die Grenze der möglichen Stabilität und somit auch die entsprechende funktionelle Reichweite beeinflusst (Liao, 2008). Liao legt darüber hinaus nahe, dass es in den jeweiligen Bewegungsstrategien Unterschiede in ihren Effekten gibt. So konnte gezeigt werden, dass eine reine Flexion der Sprunggelenke zu einer verminderten Reichweite führt. Die angewendete Strategie kann als möglicher Kompensationsmechanismus verstanden werden, der die bestehende Grenze der Stabilität eines Individuums trotz neurologischer oder muskuloskelettaler Beeinträchtigung aufrecht erhalten soll (Levin, 2002), (Kage, 2009). Dabei spielt zudem maßgeblich unser

Körperschwerpunkt, der beim FRT verlagert werden muss, eine zentrale Rolle. Um die Verlagerung zu kompensieren, werden unterschiedliche muskuläre Veränderungen durchgeführt, die wiederum aus einer Bewegungsstrategie resultieren und so das Gleichgewicht an der Grenze der individuellen Stabilität des Körpers halten (Waroquier-Leroy, 2014). In diesem Zusammenhang ist zu sagen, dass der FRT durch eine Analyse der Bewegungsstrategie im Rahmen der Durchführung ergänzt werden sollte, um die Sensitivität und die Spezifität weiter zu verbessern bzw. die Ergebnisse besser interpretieren zu können (Portnoy, 2017).

Bereits Duncan beschreibt kognitive Beeinträchtigung, gemessen mittels des Mini-Mental-Status-Test, als relevante Einflussgröße auf den FRT (Duncan, 1992). Ähnliches konnte in einer großen kanadischen Studie gezeigt werden. Dort zeigten die Probanden jedoch bereits deutliche kognitive Einschränkungen, sodass die Durchführung des Testes zu nicht validen Ergebnissen führte, aufgrund des fehlenden Verständnisses (Rockwood, 2000). Ein weiterer bereits von Duncan beschriebener Einflussfaktor ist die physiologische Gebrechlichkeit („frailty“) älterer Erwachsener. Zusätzlich stellt es einen mit dem Alter vergleichbaren Einflussfaktor mit direkter Korrelation dar (Weiner, 1992). Da es sich jedoch um eine multifaktorielle Größe handelt, die von unterschiedlichen Parametern abhängt, liegt nahe, dass einige einen größeren Einfluss auf den FRT haben als andere. Auch die „Aktivitäten des täglichen Lebens“, die eng mit den Parametern für Gebrechlichkeit im Alter zusammenhängen, zeigen einen Einfluss auf die funktionelle Reichweite (Lin, 2004).

An dieser Stelle sei nochmals auf den Einfluss von neurodegenerativen Erkrankungen, wie dem iPS oder einer positiven Sturzanamnese auf das Ergebnis des FRT hingewiesen. Anthropologische Daten, wie Größe, Gewicht, Fußlänge, Fußabstand und Standsicherheit (ermittelt aus der Fußlänge multipliziert mit dem Fußabstand) zeigten in einer Studie kaum Korrelation mit dem FRT (Martins, 2012). Es finden sich jedoch andere Studien, bei denen Größe oder Gewicht, sowie auch das Geschlecht einen Einfluss auf den FRT haben (Tedla, 2019). Insbesondere das Geschlecht konnte bei Duncan nicht

berücksichtigt werden, da ausschließlich männliche Probanden untersucht wurden (Duncan, 1992). Andere Studien zeigen jedoch im Rahmen einer univariablen, logistischen Regression einen geschlechterspezifischen Unterschied, wobei Frauen weniger weit reichten wie Männer (Kage, 2009). Ähnlich verhält es sich mit den anderen anthropologischen Daten. Bei der Durchführung von multivariablen, logistischen Regressionen konnte bisher kein Zusammenhang zwischen den zuvor evaluierten anthropologischen Daten und der funktionellen Reichweite hergestellt werden (Kage, 2009). Dies ist aber im Hinblick auf den Einfluss der oben genannten verschiedenen Bewegungsstrategien unerwartet.

Der FRT korreliert mit einigen anderen Gleichgewichts- und Bewegungsmessungen, z. B. mit dem „Timed-up-and-Go-Test“ (TUG) (Sousa, 2005), oder der Berg Balance Scale (BBS) (Smith, 2004), sowie dem „Centre of pressure excursion“ (Duncan, 1990). Dabei liegen die Werte der Korrelationskoeffizienten zwischen 0,71 und 0,79. Dies ist interessant, da der FRT statisches und nicht dynamisches Gleichgewicht misst (was z.B. hauptsächlich der TUG misst, die BBS misst Aspekte des statischen und des dynamischen Gleichgewichts). Der Vorteil des FRT gegenüber allen anderen Messmethoden liegt in der schnellen Durchführbarkeit (im Gegensatz z.B. zur BBS: Dauer 20 Minuten).

Die Selbsteinschätzung und die Selbstwirksamkeit stellen ebenfalls einen Einflussfaktor auf die funktionelle Reichweite dar (Harrison, 2004). Neben einem positiven Einfluss auf die funktionelle Reichweite, die auch bei der Einschätzung von einzelnen Körperfunktionen wie der Sehkraft einen positiven Effekt hat (Almeida ST., 2012), kann auch eine Überschätzung der funktionellen Reichweite insbesondere bei Patienten mit dem iPS eine Erklärung für ein erhöhtes Sturzrisiko sein (Kamata, 2007). Dem gegenüber zu stellen wäre die Depression als ebenfalls signifikanter Einflussfaktor, der die funktionelle Reichweite zu reduzieren scheint (Duncan, 1992; Alenazi, 2018). Weiterhin spielt auch die Angst vor Stürzen nicht unerwartet eine wichtige Rolle, dahingehend, dass eine geringe Reichweite in Kauf genommen wird, um eine höhere Stabilität und Sicherheit beizubehalten (Li, 2003).



Unter Berücksichtigung dieser Aspekte, insbesondere was den Faktor Sturzangst angeht, soll in dieser Arbeit insbesondere auch nochmals der Einfluss des Untersuchers (und damit indirekt verbunden die Motivation und Stärkung der Selbstwirksamkeit) evaluiert werden.

## 1.2 STURZ

Das hauptsächliche Anwendungsgebiet des FRT ist die Evaluation des Sturzrisikos und das Erkennen von Individuen mit erhöhtem Risiko für zukünftige Stürze. Dabei spielt vor allem das Alter der Betroffenen eine Rolle und bisher wurden vor allem Probanden mit einem Alter von über 65 Jahren untersucht. Je nach Testergebnis wurde ein Risiko festgestellt oder nicht (Duncan, 1992). In dieser Arbeit wird eine große Kohorte mit einem erhöhten Risiko für neurodegenerative Erkrankungen untersucht, die jedoch teilweise auch deutlich jünger als 65 Jahre sind. Es gilt daher zunächst zu definieren was ein Sturz ist, und welche Bedeutung er für das Individuum und die Gesellschaft hat.

### 1.2.1 Definition

Bei einem Sturz kommt es zu einer ungewollten, plötzlichen und unkontrollierten Veränderung der Körperposition auf eine tiefere Ebene **REF** Angeben (Profane). Die Ursachen für einen Sturz können vielseitig sein. Es kann im Rahmen extremer Belastung des Gleichgewichts bei entsprechenden Sportarten passieren. Die Ursache kann auch ein synkopales Ereignis, z.B. bei kardiologischen Erkrankungen sein, wie einem kranken Sinusknoten, einer höhergradigen AV-Blockierung oder im Rahmen von Störungen des vegetativen Nervensystems im Sinne einer orthostatischen Dysregulation oder einer vasovagalen Reaktion. Eine metabolische Entgleisung kommt in diesem Zusammenhang ebenfalls in Frage.

Daneben können auch neurologische Grunderkrankungen wie z.B. Epilepsie eine Ursache sein. Auch Störungen des peripheren Nervensystems wie z.B. eine Polyneuropathie und Störungen des Gleichgewichtsorgans oder des visuellen Systems können als Ursache für Stürze aufgeführt werden. Darüber hinaus finden sich zahlreiche weitere mögliche Ursachen, wobei im Besonderen das Alter einen entscheidenden Einfluss als Risikofaktor hat (Berková, 2018). Nach dem Robert-Koch-Institut verlaufen ca. 90% aller Stürze ohne Folgen ab, jedoch kommt es bei 10% zu Verletzung und damit zu einer Belastung des betroffenen Individuums und des Gesundheitssystems/ der Gesellschaft.

### 1.2.2 Bedeutung von Stürzen für die Gesellschaft

Melissa Russel konnte bereits 2006 im Rahmen einer Studie zeigen, dass über 90% der Patienten über 60 Jahre, die aufgrund eines Sturzgeschehens in die versorgende Notaufnahme kommen, eine Verletzung aufwiesen. Zusätzlich hatten von den untersuchten Patienten 35% eine Funktionseinschränkung im Anschluss (Russell, 2006). Eine der häufigsten Frakturen, insbesondere bei Sturz in Pflegeheimen, sind Oberschenkelfrakturen. Die dadurch entstehenden Kosten für das deutsche Gesundheitssystem in Höhe von knapp 8.000 Euro verteilen sich dabei zu 85% auf die akute Versorgung und zu 15% auf die unmittelbare Nachbehandlung (Heinrich S., 2011). Im Rahmen dieser Studie (Heinrich S., 2011) wurde 2016 eine erneute Evaluation durchgeführt, die zeigte, dass zwar in über 90% der damals mit einbezogenen Pflegeheime eine Prävention erfolgte, aber nur in knapp 10% der Fälle diese auch alle Bereiche der Prävention miteinbezogen (Roigk, 2018) Es konnte gezeigt werden, dass qualifizierte Prävention durch entsprechende Trainer/Therapeuten deutlich effizienter ist, jedoch auch entsprechend teurer. Neben den hier in Deutschland anfallenden Kosten zeigen andere Studien, wie von Isaranuwatjai in Kanada ebenfalls hohe Kosten in der Versorgung der Folgeverletzungen nach Stürzen (Isaranuwatjai, 2017).

Zusätzliche Kosten entstehen bei der Reduktion der häuslichen Risikofaktoren und Heimsicherung (Gillepsie, 2012).

Die Kosten sind daher hoch und entsprechend hoch sollte das Bestreben nach Präventionsprogrammen und Risikosenkung, wie es in den hier aufgeführten Studien postuliert wird, sein. Die Kosteneffizienz ist dabei eine wichtige Frage. Dabei kann eine gezielte Identifizierung der Risikogruppen und entsprechend gezielte Anwendung der Prävention sinnvoll sein.

### 1.2.3 Assoziation mit Gebrechlichkeit (Frailty)

Die in diesem Zusammenhang gemeinte Gebrechlichkeit ist ein Syndrom, welches vorliegt wenn drei oder mehr der folgenden Faktoren erfüllt sind: ungewollter Gewichtsverlust (5 kg in den vergangenen 12 Monaten), Kraftlosigkeit (evaluiert mittels Greifkraft), langsame Ganggeschwindigkeit

(Timed-Up-and-Go Test > 10 sec), individuelle Erschöpfungszustände und herabgesetzte körperliche Aktivität (Fried, 2001). Es kommt zu einer zunehmenden Anfälligkeit für endogene und exogene Stressoren mit der Folge eines erhöhten Risikos für negative gesundheitliche Folgen (Tabue-Teguo, 2017).

Fried et al. beschrieben 2001 aus einer Kohorte von 5317 Männern und Frauen im Alter von 65 Jahren und älter, einen Anteil von 6,9% an von dem Syndrom der Gebrechlichkeit betroffenen Probanden. Aktuellere Studien, wie die von Carneiro et al. aus Brasilien, zeigen in einer Kohorte aus Bewohnern von Pflegeheimen bestehend aus 360 Männern und Frauen im Alter von 65 Jahren und älter einen Anteil von 47,2% (Carneiro, 2017). Beeinflussende Faktoren bei Carneiro et al. waren eine positive Sturzanamnese, Hospitalisation, osteoartikuläre Erkrankungen, eine aktive Depression, Alter und fehlende soziale Unterstützung. Darüber hinaus ist, wie bereits erwähnt, Gebrechlichkeit für sich genommen ein signifikanter Einflussfaktor für Stürze (Cheng, 2017). Im Rahmen des in der westlichen Welt zunehmenden demographischen Wandels und dem Fortschritt der Medizin und der sozialen Marktwirtschaft, sowie der veränderten beruflichen Belastung und der damit verbundenen erhöhten Lebenserwartung ist zu erwarten, dass die Zahl der Betroffenen auch bei uns stetig steigt.

#### 1.2.4 Früherkennung von Stürzen

Unter Berücksichtigung der genannten Punkte sollten die Personen mit entsprechenden Risikofaktoren regelmäßig auf ein bestehendes Sturzrisiko evaluiert werden. So kann eine gezielte Prävention durchgeführt werden, die wiederum auf die entsprechenden Bedürfnisse der zugrundeliegenden Erkrankung angepasst ist. Ein entsprechendes Vorgehen kann möglicherweise über zwei Drittel der Stürze verhindern (Tinetti, 1989).

Es sind verschiedenste mit Stürzen assoziierte Untersuchungen möglich, jedoch sollten der Aufwand und die Durchführung dem Nutzen entsprechen. Daher könnte gerade der FRT zur routinemäßigen Evaluation sinnvoll sein. Weiterhin sei bei vor allem älteren Menschen und dem in diesem

Zusammenhang zunehmenden Risikofaktor der Gebrechlichkeit die Edmonton frail-Scale angeführt (Rolfson, 2006). Es handelt sich um ein acht Punkte abhandelndes diagnostisches Verfahren, welches mit den von Fried et al. 2001 eingeführten Kriterien für Gebrechlichkeit korreliert (Ramírez Ramírez, 2017). Dabei werden kurze Untersuchungen und Fragen abgearbeitet und entsprechend Punkte vergeben. Ein Wert über sechs Punkten spricht für eine bestehende Gebrechlichkeit. Dieses Verfahren sei exemplarisch dem FRT einleitend gegenübergestellt, um anzudeuten, dass es zahlreiche Methoden gibt, um das Sturzrisiko anhand von Einflussfaktoren zu bestimmen. Komplexere Verfahren, wie z.B. die Messung der Geschwindigkeit des Schwankens in unterschiedlichen Haltungen mittels Sensoren, sind ebenfalls Verfahren, die ein Sturzrisiko aufzeigen können (Ferne, 1982). Je einfacher das diagnostische Verfahren, desto leichter die Etablierung und Umsetzung. Zudem sollte die angewendete Messmethode auch Veränderungen anzeigen können, wozu der FRT, wie oben bereits beschrieben, in der Lage ist.

### **1.3 HYPOTHESEN**

Der FRT hat zahlreiche bekannte Einflussfaktoren, die in dieser Arbeit an einer Risikokohorte für neurodegenerative Erkrankungen evaluiert werden sollen. Zusätzlich werden weitere mögliche neue Einflussfaktoren in die Analyse miteingeschlossen (z.B. Einfluss des Untersuchers).

Im Hinblick auf die gegenüber den anderen Studien deutlich jüngere Kohorte wird in dieser Arbeit explorativ betrachtet, ob das muskuloskeletale System einen starken Effekt auf die Ergebnisse des FRT hat. Dies ist entgegengesetzt der Aussage von Duncan et al., welche bei älteren Kohorten zeigen konnte, dass neurologische Faktoren einen höheren Einfluss zeigen.

Des Weiteren wird getestet, inwieweit ein Cut-Off Wert aus der Literatur dabei helfen kann, Probanden einer Hochrisikogruppe zuzuordnen. Die Hypothese dabei ist, dass Probanden mit einem geringeren FR-Wert eine erhöhte relative Wahrscheinlichkeit haben, in den vergangenen 24 Monaten wiederholt gestürzt zu sein.

## 2 MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 TREND-STUDIE

Die TREND(Tübinger Studie zu **Risikofaktoren zur Erkennung von NeuroDegeneration**)-Studie soll anhand von spezifischen Kriterien und Messungen mögliche Faktoren erkennen, die zur Früherkennung von iPS und Alzheimer-Demenz, sowie anderen neurologischen Erkrankungen, die mit Neurodegeneration einhergehen, dienen.

Trotz anhaltender intensiver Forschung sind die Ursachen, warum ein Individuum im Rahmen von degenerativen Veränderungen, die in dieser Studie im Fokus stehenden Erkrankungen entwickelt nicht hinreichend geklärt.

Insbesondere im Hinblick auf eine mögliche neuroprotektive Therapie ist aber gerade die frühe Erkennung der Erkrankung wichtig, sodass es gilt Marker zu finden, die ein Zeichen für eine beginnende Neurodegeneration sein können ohne, dass die kardinalen Symptome der erwarteten Grunderkrankung vorliegen.

Darüber hinaus erfolgt die Erhebung von zahlreichen Daten, die wiederum neue Schlüsse auf aktuell angewendeten Messmethoden zulassen, neue Messmethoden etablieren können oder weiterführende Fragen im Hinblick auf die untersuchten Erkrankungen klären können.

Bereits 2009 war daher im Rahmen der TREND Ausgangsuntersuchung zunächst eine erste Datenerhebung an 716 Hochrisiko-Probanden durchgeführt worden. Die Erhebung erfolgte ambulant und beinhaltete:

- Erhebung von Krankheitsdaten
- Medikamentenanamnese und Erhebung von Vorerkrankungen
- Familienanamnese und Sozialanamnese
- Erhebung von vegetativen Symptomen
- Fragebögen zu Gedächtnis und anderen kognitiven Fähigkeiten
- Fragebögen zu Stimmung und Antrieb
- Fragebögen zu Schlafstörungen
- Neurologische Untersuchung

- Hirnultraschall mit Darstellung der Substantia nigra im Mittelhirn (Position der Ultraschallsonde vor dem Ohr)
- Testung der Riechfähigkeit mittels Riechstiften
- Bewegungsmessung mit tragbaren Sensoren, z.B. im Bereich der Lendenwirbelsäule
- Blutentnahme (zur Gewinnung von DNA, Serum und Plasma)

Die aktuell in dieser Studie verwendeten Daten beziehen sich auf die Erhebung im ersten Follow-up aus den Jahren 2011/2012.

Zudem wurde die Datenerhebung angepasst. Die durchgeführte Sensibilitätstestung im Rahmen der neurologischen Untersuchung, der Schellong-Test als Bestandteil der Testung der vegetativen Symptome und die Darstellung der Substantia nigra im Rahmen der jetzt abgewandelten Ultraschalluntersuchung wurden nicht mehr durchgeführt.

Ethische Bedenken hinsichtlich der Durchführung der Studie bestanden seitens der Tübinger Ethikkommission nicht.

## **2.2 STICHPROBE**

Die initiale Rekrutierung der Probanden für die TREND-Studie erfolgte durch Informationsabende, bei denen die Studie vorgestellt wurde. Zusätzlich wurden Broschüren ausgeteilt und es wurden Zeitungsanzeigen in der regionalen Tübinger Zeitung (dem Schwäbischen Tagblatt), wie auch überregional in der Stuttgarter Zeitung geschaltet.

Die Rekrutierung zum ersten Follow-up erfolgte durch schriftliche Kontaktaufnahme und Einladung der 715 Probanden aus der ersten Datenerhebungsrunde. Zusätzlich wurden die 427 Probanden der Prospective evaluation of Risk factors for Idiopathic Parkinson's disease (PRIPS) Studie eingeschlossen. Hierbei handelt es sich um eine longitudinale Studie mit dem Ziel prodromale Symptome/Risikofaktoren eines iPS oder anderer neurodegenerativer Erkrankungen zu identifizieren und entsprechende Screeninguntersuchungen zu etablieren. Die Kohorte ist gegenüber der ursprünglichen TREND-Kohorte bevölkerungsbasiert aufgebaut. Keiner der neu



eingeschlossenen Probanden hatte zum Zeitpunkt der Datenerhebung ein iPS oder eine Alzheimer-Demenz entwickelt. Zudem erfolgte die Rekrutierung von 28 neuen Probanden, die den Einschlusskriterien der Studie entsprachen. Die Einschlusskriterien waren initial ein Alter zwischen 50 und 80 Jahren und das Vorliegen der Einverständniserklärung in schriftlicher Form. Zudem wurden neben gesunden Probanden solche mit einer Erkrankung, die das Risiko auf eine Alzheimer-Demenz oder ein iPS erhöhen, eingeschlossen (Berg, 2012). Es wurden Probanden mit einer Depression, wobei diese über die entsprechende ICD-10 Klassifikation für depressive Episoden oder eine Dysthymie klassifiziert wurde, eingeschlossen. Weiterhin ergab sich eine Probandenkohorte mit einer REM-Schlafverhaltensstörung (RBD), wobei die Diagnose entsprechend der Kriterien der International Classification of Sleep Disorders (ISDC) REF erfolgte. Bei dieser Erkrankung werden (oft sehr starke) Bewegungen während des Träumens ausgeführt, weil das Atoniezentrum im Hirnstamm betroffen ist (St. Louis, 2017). Zuletzt wurde eine Gruppe mit Probanden, die an einer idiopathischen Hyposmie litten, gebildet. Dabei erfolgte die Diagnosestellung mittels Testung des Riechvermögens anhand einer 16-Geruchsstoffe enthaltenden Riechbatterie (Sniffin Sticks), wobei eine Hyposmie bei entsprechend schlechter Performance anhand einer tabellarischen, altersabhängigen Berechnung vorlag (Hummel, 1997). Ausschlusskriterien waren neurologische oder psychiatrische Grunderkrankungen, darunter auch eine bereits bestehende Demenz oder mildere kognitive Defizite. Weiterhin konnte eine Teilnahme nicht bei einer aktuell bestehenden Abhängigkeitserkrankung oder bei anamnestischen Hinweisen auf das Bestehen einer solchen Suchterkrankung erfolgen. Immobilität mit einem resultierenden Pflegegrad über Stufe 1, sowie eine positive Medikamentenanamnese für die Einnahme von klassischen Neuroleptika oder Valproat in den letzten drei Monaten oder in der Anamnese über einen Zeitraum von > 3 Monaten und eine Benzodiazepineinnahme von > Äquivalenzdosis von 1,5 mg Lorazepam / Tag führten ebenfalls zum Ausschluss.

Letztlich konnten aus der ersten Erhebungsrunde 647 Probanden zum ersten Follow-up rekrutiert werden. Bei den 68 Probanden, die nicht erneut rekrutiert werden konnten, lagen unterschiedliche Gründe, wie Erkrankung, Zeitmangel, fehlendes Interesse, etc. vor. Zusammengefasst konnte im Rahmen der zweiten TREND-Untersuchungsrunde, zusammen mit den „dazu gestoßenen“ PRIPS-Probanden, eine Kohorte aus 1102 Probanden untersucht werden.

Zum Zeitpunkt der Planung dieser Arbeit war die Datenerhebung des zweiten Follow-Ups bereits abgeschlossen. Letztlich konnten aus der Hochrisikokohorte fünf Probanden zum Zeitpunkt des ersten Follow-Ups und zwei Probanden zum Zeitpunkt des zweiten Follow-Ups mit der Diagnose eines iPS identifiziert werden, die zum Zeitpunkt der ersten Datenerhebung noch keine klassischen Symptome aufwiesen. Dies unterstreicht nochmal die Sinnhaftigkeit einer derartigen Hochrisikokohorte bei einer aktuellen Inzidenz des iPS von 11 – 19 / 100.000 Einwohner in Deutschland (REF).

### **2.3 ASSESSMENTS DES 1. FOLLOW-UP**

Die Datenerhebung erfolgte entsprechend der ersten Runde in Form eines Zirkeltrainings mit insgesamt acht Stationen. Die Stationen beinhalteten dabei teils mehrere Messungen mit unterschiedlichem Schwerpunkt, wobei darauf geachtet wurde, dass die zeitliche Vorgabe von ca. 25 Minuten pro Station entsprechend des Aufwandes der jeweiligen Messung eingehalten werden konnte. Die Zeit, die ein Proband somit brauchte, um einmal alle Messungen durchzuführen, lag zwischen drei bis vier Stunden. Die Datenerhebung erfolgte blockweise über jeweils fünf bis sechs Wochen, vorwiegend in den Semesterferien und erstreckte sich über anderthalb Jahre. Dabei wurden pro Tag acht Probanden vormittags und acht Probanden nachmittags einbestellt. Die jeweiligen Untersucher wurden stationsspezifisch eingeteilt und auf die jeweiligen Stationen entsprechend eingearbeitet, sodass es für die einzelnen Messungen mindestens zwei qualifizierte Untersucher mit entsprechendem Grundwissen und Fähigkeiten zur Durchführung der Untersuchungen gab. Mit welcher Station ein Proband begann war zufällig und nicht vorgegeben. In der Regel erfolgte die Einteilung entsprechend des Eintreffens. Die Durchführung

erfolgte in Stuttgart in Räumlichkeiten der Volkshochschule und in Tübingen in Räumen der Universität.

Wie bereits erwähnt wurden einige Untersuchungen aus der ersten Datenerhebung nicht übernommen, dafür aber weitere entsprechend der Studienlage ergänzt. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Neurologische Untersuchung mit spezifischer Untersuchung auf ein iPS (z.B. UPDRS)
- Blutentnahme
- Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) (*Schecklmann, 2008*), (*Heinzel, 2015*)
- Autonome Testung
- Ultraschall mit Messung der Dicke der Intima Media der Karotis Interna (*Heinzel, 2014*)
- Feinmotorik-Testung mittels Q-Motor (*Maetzler, 2015*)
- CEARD-plus (*Cherrier, 1997*)
- Anamnese
  - Fragebögen zum Thema der Schlafqualität (RBDSQ) (*Stiasny-Kolster, 2007*)
  - Fragebögen zum Thema Stimmung und Antrieb (BDI und GDS) (*Richter, 1998*), (*Sun, 2017*)
  - Medikamentenanamnese, Vorerkrankungsanamnese
- Farbsehtest (*Štenc Bradvica, 2015*)
- Riechtestung mittels Sniffin Sticks
- Vagus evozierte Potenziale (*Metzger, 2012*)
- Erhebung von anthropologischen Daten (Taillen- / Hüftumfang)
- Axiale motorische Messung

Ich betreute in diesem Zusammenhang gemeinsam mit drei weiteren Kollegen im Rahmen des zweiten Follow-Ups die axiale motorische Messung, sowie die Datenerhebung an der „Anamnese-Station“. Bis auf kleinere Änderungen entsprachen die Bewegungsmessungen weitestgehend denen des ersten Follow-Ups. Eine ausführliche Beschreibung der Station und der einzelnen Messungen folgt im nächsten Kapitel.

Die angesprochenen Änderungen betrafen die Anzahl der Untersucher, so waren es im ersten Follow-Up nur zwei Kollegen, die abwechselnd die Datenerhebung an der Bewegungsstation durchführten. Weiterhin erfolgte ein Wechsel des Systems zur Aufzeichnung der quantitativen Bewegungsmessung und die Dual-Task-Aufgaben wurden im Hinblick auf die motorische Anforderung angepasst.

Weiterhin wurden Daten zur Handkraft (Gripforce) im Rahmen des zweiten Follow Ups an der Station für die axiale motorische Messung erhoben. Bereits im ersten Follow Up wurde diese Messung durchgeführt. Die Daten sind Bestandteil des „Frailty“-Einflussfaktors auf den FRT, weshalb hier kurz eine Darstellung der durchgeführten Untersuchung erfolgt.

Der Proband erhielt einen hydraulischen Handdynamometer in die dominante Hand. Es erfolgte entsprechend der Größe der Hand eine entsprechende Einstellung, so dass der Griff und der Kraftaufnehmer gut zu halten waren. Anschließend wurde der Proband aufgefordert mit maximaler Kraft eine Faust mit der Hand, in der sich der Dynamometer befand, zu machen. Der dabei entstehende Druck auf den Kraftaufnehmer wurde über eine Anzeige am Dynamometer in kg wiedergegeben und entsprechend notiert. Die Untersuchung wurde anschließend wiederholt. Der endgültige Messwert war der Mittelwert aus beiden Ergebnissen.

Neben der Handkraft findet auch die Pallästhesie als Einflussfaktor Einzug in die Auswertung. Dieser Parameter wurde von einem Neurologen im Rahmen der neurologischen Untersuchung erhoben. Dabei wurde den zu Untersuchenden eine in Schwingung gebrachte Stimmgabel (Rydel – Seiffer – Vibrationsstimmgabel) auf den medialen Malleolus gesetzt. Anschließend musste angegeben werden, ab wann die Vibration der Stimmgabel nicht mehr wahrgenommen wird. Dabei bedeutet 0/8, dass der Proband bereits zu Beginn der Untersuchung keine Vibration mehr spürt, und 8/8 dass er bis zum Ausklingen der Stimmgabel noch Vibration wahrgenommen hat (Pestronk, 2004).

## 2.4 AXIALE MOTORISCHE TESTUNG

Zu Beginn der Messungen wurde den Probanden zur quantitativen Messung der Bewegungen während der unterschiedlichen Untersuchungen ein Sensor mit einem 3D Accelerometer und einem 3D Gyroskope (McRoberts Dynaport®) mit Hilfe eines Gürtels am Rücken auf Höhe des fünften Lendenwirbels angebracht. Die Rohdaten wurden während der Messung auf einer im Sensor befindliche Mikro-SD-Karte gespeichert und dann zur weiteren Bearbeitung auf einen Computer übertragen.

Darüber hinaus wurden zur Vorbereitung auf die kombinierten motorischen und kognitiven Tests zunächst, vor Beginn der motorischen Testungen, die kognitiven Tests im Stehen durchgeführt. Dabei mussten die Probanden so schnell es ihnen möglich war in 7er-Schritten subtrahieren, beginnend mit der Zahl 172. Dokumentiert wurde die Zeit, welche benötigt wurde, um zehn Subtraktionen durchzuführen. Zusätzlich wurden die Rechenfehler dokumentiert. Eine Anpassung dieses Single-Task konnte erfolgen, wenn die Probanden nicht in der Lage waren die Aufgabe zu bewältigen. In diesem Fall wurden die Subtraktionen dann mit 3er-Schritten durchgeführt. Zum anderen mussten die Probanden so schnell es ihnen möglich war Kreuze in vorgegebene weiße Boxen zeichnen. Nach 32 Boxen wurde die Zeit genommen und die Fehler beim Zeichnen dokumentiert. Dabei war nicht die Größe des Kreuzes entscheidend, sondern dass die beiden Linien überschneidend gezeichnet werden.

Der FRT wurde in dem Setting an zweiter Stelle des Untersuchungsablaufes durchgeführt. Da die Messdaten für diese Arbeit herangezogen werden, wird die Durchführung des Tests in dieser Studie in einem Unterkapitel genau erläutert, insbesondere mit Darstellung der Unterschiede zur ursprünglichen Durchführung.

Es wurden folgende weitere Untersuchungen durchgeführt:

1. *TUG*: Der Proband saß zu Beginn der Untersuchung in bequemer Position auf einem Stuhl ohne Armlehnen, den Rücken angelehnt. Die

Position der Füße war mit Klebestreifen am Boden markiert. Zusätzlich befanden sich in genau drei Metern Abstand, in sieben Metern Abstand und in 20 Metern Abstand erneute Markierungen. Auf das Startkommando „Los“ musste der Proband sich erheben und zur ersten Markierung gehen, hinter der Markierung wenden und sich wieder in die Ausgangsposition begeben. Der zweite Durchgang wurde dahingehend variiert, dass der Proband mit dem linken Bein den ersten Schritt nach dem Startkommando machen musste und entsprechend hinter der jetzt sieben Meter entfernten Markierung linksherum wenden sollte. Beim dritten Durchgang startete der Proband mit dem rechten Bein und wendete erneut hinter der in sieben Metern entfernten Markierung mit einer Drehung rechtsherum, um dann wieder in die Ausgangsposition zurück zu gehen. Die jeweiligen Zeiten wurden dokumentiert.

2. *FRT: siehe Kapitel 2.4.1*
3. *Gleichgewichtstest:* Der Proband stand zu Beginn des Tests auf einer Schaumstoffmatte im geschlossenen Semitandemstand. War es dem Probanden nicht möglich, die Standposition zu halten, so konnte in diesem Fall die Position variiert werden hin zu einem offenen Semitandemstand, geschlossenem Stand mit parallel ausgerichteten Füßen oder zuletzt einem offenen Stand. Die Differenzierung zwischen geschlossenem Stand und offenen Stand wurde über den Abstand zwischen den Füßen definiert. Dabei war ein Abstand über fünf Zentimeter ein offener Stand. Anschließend musste der Proband die Position mit geschlossenen Augen für 30 Sekunden halten, dann für weitere 30 Sekunden mit offenen Augen und zuletzt mit einem Wechsel aus zunächst zehn Sekunden geschlossenen Augen und dann zehn Sekunden offenen Augen. Die Gesamtdauer betrug 80 Sekunden.
4. *Im Kreis gehen:* Auf dem Boden befand sich ein grüner Stoffkreis mit einem Durchmesser von 120 cm. Seitlich wurde eine Markierung als Startposition angebracht. Der Proband erhielt vor Beginn der Messung ein Klemmbrett. Im ersten Setting wurde die Zeit genommen, die der Proband benötigte, den Kreis in normalem, alltäglichem Gehtempo

dreimal zu umrunden. Dabei wurde die Messung einmal linksherum und einmal rechtsherum durchgeführt. Die Zeiten wurden dabei gestoppt, wenn der Proband das dritte Mal die Startmarkierung überquert hatte. Während der Messungen drei und vier musste der Proband wie zuvor geübt so schnell es ihm möglich war so viele Kreuze wie möglich innerhalb der weißen Boxen zeichnen und gleichzeitig einmal links – und einmal rechtsherum dreimal den Kreis umrunden. Zuletzt wurde die Messung nochmals wiederholt, dabei sollte der Proband beim linksherum gehen in 7er Schritten so schnell wie möglich subtrahieren, beginnend mit der Zahl 152. Im Anschluss dann rechtsherum beginnend mit der Zahl 132. Es wurden wieder jeweils drei Umrundungen durchgeführt.

5. *Geradeaus Gehen*: Der Proband stand zu Beginn der Untersuchung auf der Markierung für die Füße, wie bereits beim TUG beschrieben. Anschließend wurde der Proband mit dem Startkommando „Los“ aufgefordert bis zur 20-Meter-Markierung im ihm schnellst möglichen Gehtempo zu gehen. Dabei sollte der Proband hinwärts mit dem linken Bein starten und retour mit dem rechten Bein. Danach erfolgte der gleiche Test in normalem Gehtempo. Zuletzt sollte bei schnellst möglichem Gehtempo und Start mit dem linken Bein auf den 20 Meter so schnell wie möglich wieder Kreuze in die weißen Boxen gezeichnet werden und Retour ebenfalls in schnellst möglichem Gehtempo mit dem rechten Bein startend so schnell wie möglich in 7er-Schritten subtrahiert werden, beginnend mit der Zahl 192. Die jeweiligen Zeiten und Fehler wurden dokumentiert.

#### 2.4.1 Functional-Reach-Test

Die Durchführung in unserer Studie variiert in geringem Maße von der ursprünglichen Variante von Duncan. Der Proband stand zu Beginn der Untersuchung mit der rechten Schulter zur Wand in einer bequemen, etwa schulterbreiten Standposition. Dabei wurde die Position der Fußspitzen markiert. Sollte die Markierung im Rahmen der Testdurchführung überschritten werden, musste die Untersuchung wiederholt werden.

An der Wand war eine aus Papier bestehende Dokumentationsmöglichkeit angebracht, auf der die jeweiligen Positionen des Probanden markiert wurden. Auf eine auf Acromion-Höhe angebrachte Messleiste wurde verzichtet, da dies die Untersuchungsdauer maßgeblich beeinträchtigt hätte, da für jeden Probanden die Messleiste neu hätte justiert werden müssen. Anschließend wurde der Proband aufgefordert seinen Arm mit ausgestreckter Hand zu heben (ca. 90° Winkel zum Körper). Die Position der Mittelfingerspitze wurde markiert. Dann musste sich der Proband soweit es ihm möglich war und ohne das Gleichgewicht zu verlieren bzw. einen Schritt nach vorne machen zu müssen, nach vorne lehnen, wobei der Arm dabei auf horizontaler Ebene gehalten werden musste. Diese Position musste dann für 15 Sekunden gehalten werden, um eine quantitative Bewegungsmessung durchzuführen. Die Position der Mittelfingerspitze wurde erneut markiert. Die funktionelle Reichweite war dann der Abstand zwischen Position eins und zwei, die mit einem Maßband ermittelt wurde.

Abweichung zum originalen Test finden sich zusammengefasst im Fehlen der Berücksichtigung des dominanten Armes, im Ersatz der Messleiste durch eine an der Wand angebrachte breite Dokumentationsmöglichkeit und Markierung der Mittelfingerspitze und nicht des Fingerknöchels des Mittelfingers, da auf das Bilden einer Faust verzichtet wurde. Bei der erwähnten Dokumentationsmöglichkeit handelte es sich um herkömmliches Papier, welches vor Beginn des Untersuchungstages an der Wand mit Hilfe eines Klebestreifens befestigt wurde.



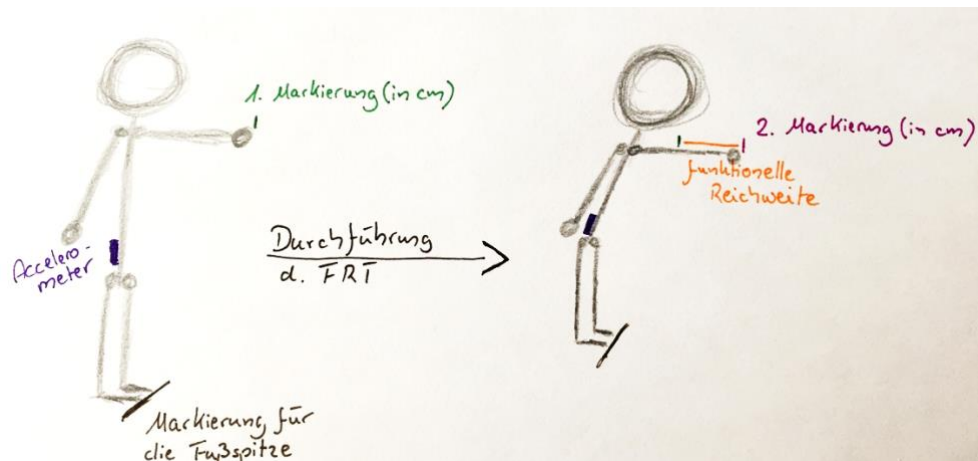


Abbildung 1: Beispielhafte, graphische Darstellung der Durchführung des FRT. Hierbei stellt die 1. Markierung den Startpunkt dar und die 2. Markierung den Endpunkt. Die Differenz aus zweiter und erster Markierung ergibt die funktionelle Reichweite.

## 2.5 GRUPPENEINTEILUNG

Die Einteilung der Probanden erfolgte zunächst nach Einflussfaktoren und erreichter FR. Diesbezüglich wurden alle in der Literatur bisher beschriebenen und weitere der Studienpopulation angepassten Einflussfaktoren berücksichtigt. Anschließend erfolgte eine Einteilung nach den von Duncan beschriebenen gerundeten Cut-off-Werten in drei Gruppen. Probanden mit einer funktionellen Reichweite über 25 cm, zwischen 25 cm und 15 cm und unter 15 cm. Zuletzt wurde die Kohorte in Probanden mit positiver Sturzanamnese von  $\geq 2$  Stürzen in den letzten 24 Monaten und negativer Sturzanamnese, sowie nach einer funktionellen Reichweite größer und kleiner 25 cm eingeteilt.

## 2.6 STATISTIK

Sämtliche statistischen Auswertungen und Berechnungen wurden mit dem Programm JMP 10.0 (SAS) durchgeführt. Zur Testung der Signifikanz wurde das Alpha-Niveau von 0,05 verwendet.

Bei Verwendung multipler Tests wurden die p-Werte nach Bonferroni korrigiert. Die Berechnung der p-Werte erfolgte mittels Chi-Quadrat Test bzw. Varianzanalyse (ANOVA) nach vorheriger Überprüfung auf eine Normalverteilung.

Um den Einfluss der einzelnen in dieser Arbeit getesteten Faktoren zu bestimmen, wurde logistische Regression angewendet.

Zur Bestätigung der Regression wurden die Ergebnisse anschließend in ein Stepwise-Backward-Regressionsmodell eingeschlossen. Zusätzlich erfolgte mittels Anwendung des Akaike-Informationskriteriums (AIC) und des Bayesschen Informationskriterium (BIC) auf das Modell die Bestimmung des prozentualen Erklärungsanteil der Einflussfaktoren auf die erhobenen Daten. Das Sturzrisiko wurde als relatives Risiko entsprechend der angegebenen Gruppeneinteilung mittels Verwendung einer Vier-Felder-Tafel ermittelt.

### **3 ERGEBNISSE**

Der Ergebnisteil ist in drei Abschnitte gegliedert. Zunächst wird die gesamte Kohorte deskriptiv beschrieben. Anschließend erfolgt eine tabellarische Darstellung der Einflussfaktoren mit Einteilung in unterschiedliche Untergruppen. Diese Einteilung findet sich in der weiteren Ergebnisdarstellung immer wieder. Nach Ausarbeitung der signifikanten Einflussfaktoren werden nochmals alle Einflussfaktoren unter Berücksichtigung der gerundeten Cut-off-Werte betrachtet. Zuletzt erfolgt dann die Evaluation eines Sturzrisikos anhand der Cut-off-Werte.

#### **3.1 DESKRIPTIVE STATISTIK**

##### **3.1.1 Überblick über die Gesamtkohorte**

In der untenstehenden Tabelle 1 erfolgt die Darstellung der gesamten betrachteten Kohorte anhand verschiedener Daten. Hervorzuheben ist hier insbesondere das durchschnittliche Alter, was gegenüber den in der Literatur überwiegend betrachteten Kohorten gut fünf bis zehn Jahre tiefer (also „jünger“) liegt. Zusätzlich zeigt sich ein hoher Anteil an Bildungsjahren und eine überwiegende Rechtshändigkeit. Der letzte Punkt spielt im Hinblick auf den Verzicht der Berücksichtigung des dominanten Armes im Rahmen des FRT noch eine Rolle. Durchschnittlich zeigte sich über die 1102 Probanden eine gute Performance im FRT mit einer Reichweite von 26,75 cm im Mittel und einer Standardabweichung von 6,1 cm. Somit lagen die meisten Probanden über dem oberen gerundeten Cut-off-Wert.

Die Kohorte war im Durchschnitt normalgewichtig mit einem BMI von 24,5 kg/m<sup>2</sup>.

Hinsichtlich der hier mittels BDI-I festgehaltenen Stimmung und der damit verbundenen Betrachtung einer depressiven Stimmung als potentieller Prodromalmarker von neurodegenerativen Erkrankungen fiel auf, dass die gesamte Kohorte im Mittel keine relevanten depressiven Symptome aufwies.

Es hatten 308 einen, 114 zwei und 12 alle drei im Rahmen der TREND-Studie definierten Prodromalmarker (Depressionsanamnese, Hypomie, RBD).

*Tabelle 1: Demographische Daten der TREND Probanden der 1. Follow – Up Untersuchung (Anzahl N = 1102)*

Alter [Jahre]	64,74 (6,8)
Geschlecht [% - Männer]	52 (N= 573)
Größe [cm]	170,83 (8,5)
Gewicht [kg]	76,20 (14,1)
Rechtshändigkeit [%]	88 (N= 967)
BDI [0 – 63 Punkte]	6,1 (6,2)
MMSE [0 – 30 Punkte]	28,39 (1,3)
Bildungsjahre [Jahre]	14,37 (2,7)
FR [cm]	26,75 (6,1)

Darstellung der demographischen Daten der TREND-Probanden des 1. Follow-Up anhand von Mittelwert (Standardabweichung/SD) bzw. Prozent (Anzahl N); BDI-I = Beck's Depressions Inventar; FR = Funktionelle Reichweite; MMSE = Mini-Mental State Examination.

Tabelle 2 zeigt einen deskriptiven Vergleich zwischen den ursprünglichen TREND-Probanden und den neu eingeschlossenen PRIPS-Probanden. Signifikante Unterschiede zeigen sich in der Anzahl der Bildungsjahre, der Geschlechterverteilung und der funktionellen Reichweite. Die TREND-Kohorte hat signifikant mehr Frauen, erreicht durchschnittlich höhere funktionelle Reichweiten und weist mehr Bildungsjahre auf. Hinsichtlich Größe und Alter zeigen sich keine Unterschiede in der Kohorte.

*Tabelle 2: Vergleich der TREND – und PRIPS – Kohorte des 1. Follow – ups (Anzahl N = 1102)*

Unterscheidungsmerkmal	TREND	PRIPS	p-Wert
Alter [Jahre]	64,91 (7,28)	64,47 (6,08)	0,29
Geschlecht [% - Männer]	46 (N= 300)	60 (N= 268)	< 0,0001*
Größe [cm]	170,62 (8,32)	171,11 (8,84)	0,35
Bildungsjahre [Jahre]	14,67 (2,65)	13,94 (2,73)	< 0,0001*
MMSE	28,35 (1,35)	28,43 (1,31)	0,31
FR [cm]	27,27 (6,00)	25,95 (6,05)	0,0004*
Untersucher [% - U1]	61 (N= 324)	39 (N= 205)	0,13

Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung) bzw. Prozent (Anzahl N); Berechnung der p-Werte mittels Korrelation und F-Statistik. \* P-Werte kleiner 0,05 (2-seitig;) werden als signifikant angegeben.; FR = Funktionelle Reichweite; MMSE = Mini Mental State Examination; U1 = erster Untersucher mit Angabe der prozentual untersuchten Probanden der jeweiligen Subgruppe.

## **3.2 EINFLUSSFAKTOREN**

### **3.2.1 Analyse von Einflussfaktoren aus der Literatur**

Die in dieser Arbeit ausgewertete Literatur beinhaltet zahlreiche Einflussfaktoren auf den FRT, die sich mit entsprechendem Signifikanzniveau in der untenstehenden Tabelle 3 wiederfinden. Unter den demographischen Daten zeigen das Alter, das Geschlecht, die Größe und im Besonderen die Trochanterhöhe einen signifikanten Einfluss auf die funktionelle Reichweite. Die aktuelle Stimmung zeigt keinen signifikanten Einfluss.

Wie bereits in großen Studien beschrieben hat der Mini-Mental-Status-Test und damit die kognitive Leistungsfähigkeit der Probanden einen signifikanten Einfluss auf den FRT.

Diabetes mellitus findet sich in der Literatur wieder bei der Betrachtung der neurogenen Folgeerkrankungen des Diabetes mellitus in Form einer Neuropathie (Maranesi, 2013). In dieser Arbeit lässt sich ebenfalls ein signifikanter Einfluss nachweisen. Hinzu kommt ein signifikanter Einfluss der Pallästhesie.

Die Gebrechlichkeits-Parameter nach Fried zeigen ebenfalls einen signifikanten Einfluss, wobei Antrieb und auch Alltagsaktivität per se in unseren Auswertungen kein Signifikanzniveau erreichen.

Die Betrachtung aller stürzenden Probanden unabhängig von der Anzahl der Stürze im Vergleich zu Probanden ohne Sturz zeigt keinen signifikanten Einfluss auf den FRT. Hier sei erwähnt, dass die Gruppe mit mehr als zwei Stürzen in den letzten 24 Monaten gegenüber der Gruppe mit einem Sturz in den letzten 24 Monaten weniger als halb so groß ausfällt (65/144 Probanden).

Weitere signifikante Einflussfaktoren sind Arthrose und die körperliche Aktivität im Sinne von sportlicher Aktivität. Zusätzlich lässt sich auch in dieser Arbeit eine Korrelation mit dem TUG nachweisen.

*Tabelle 3: Assoziation zwischen FR [cm] und Einflussfaktoren aus der Literatur*

Einflussfaktoren	Mittelwert (SD) / Prozent (N)	p-Wert
<i>Demographische Einflussfaktoren</i>		
Alter [Jahre]	64,74 (6,8)	< 0,0001*
Geschlecht [% - Männer]	52 (N= 573)	0,008*
Größe [cm]	170,83 (8,5)	< 0,0001*
Trochanterhöhe [cm]	89,59 (5,89)	< 0,0001*
Gewicht [kg]	76,2 (14,1)	0,17
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	26,19 (15,48)	0,18
BDI [0 – 63 Punkte]	6,1 (6,2)	0,61
MMSE [0 – 30 Punkte]	28,39 (1,3)	< 0,0001*
<i>Kardiovaskuläre Einflussfaktoren</i>		
Diabetes mellitus [% - ja- Antworten]	8 (N=83)	<0,0001*
<i>Sensomotorische Einflussfaktoren</i>		
Pallästhesie [0/8 – 8/8]	6,9 (1,84)	0,011*
Arthrose [% - ja- Antworten]	44 (N=485)	0,0129*
TUG [s]	10,05 (2,45)	< 0,001*
Körperliche Aktivität [Stunden pro Woche]	2,57 (1,28)	0,011*
<i>Stürze</i>		
Stürze [% - Nicht-Stürzer]	83 (N= 798)	0,06
<i>Frailty-Parameter</i>		
Gripforce [kg]	31,37 (10,28)	< 0,0001*
Schnelles Gehen [s]	12,58 (1,99)	< 0,0001*
Normales Gehen [s]	15,34 (1,99)	< 0,0001*

„Mir fällt es schwer neue Dinge in Angriff zu nehmen“ [% - ja-Antworten]	22 (N= 159)	0,70
„Mir fällt es schwerer meinen Alltag zu bewältigen“ [% - ja-Antworten]	17 (N= 126)	0,27
„Haben Sie in letzter Zeit Gewicht abgenommen?“ [% - ja-Antworten] (N = 282)	49 (N= 138)	0,0229*

Anmerkung: \* Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung) bzw. Prozent (Anzahl N). Berechnung der p-Werte mittels Korrelationen und F-Statistik. P-Werte kleiner 0,05 (2-seitig) werden als signifikant angegeben. Gripforce, Gewichtsverlust, Abnahme der Gehgeschwindigkeit, sowie das Gefühl „nicht mehr alles zu schaffen“ stellen die Parameter für altersbedingte Gebrechlichkeit (frailty) dar. BDI = Beck's Depressions Inventar; BMI = Body-Mass-Index; MMSE = Mini-Mental State Examination Test; TUG = Timed Up and Go.

### 3.2.2 Analyse von weiteren möglichen Einflussfaktoren

Unter Berücksichtigung der Literatur, der aktuellen Kohorte und den bereits als signifikant ermittelten Faktoren haben wir weitere mögliche Einflussfaktoren entsprechend der getroffenen Einteilungen untersucht. Diese werden in Tabelle 4 dargestellt.

Im Hinblick auf die im Rahmen von Duncan eingeführte Durchführung des FRT mit dem dominanten Arm konnte jetzt kein signifikanter Zusammenhang hergestellt werden, wobei die Gruppe der Linkshänder mit 12% eher klein war in unserer Kohorte. Zusätzlich fällt auf, dass ein hoher Bildungsstand, den wir anhand der Anzahl an Bildungsjahre erfassen, einen signifikanten Einfluss auf die funktionelle Reichweite hat.

Die hier signifikanten kardiovaskulären Einflussfaktoren stellen erneut Erkrankungen bzw. Medikamenteneinnahmen dar, die vor allem in höherem Alter auftreten. Zudem zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen

der Intima Media Dicke der Carotiden und der funktionellen Reichweite, sodass ein direkter Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Faktoren und der funktionellen Reichweite unwahrscheinlich ist.

Daneben sind muskuloskelettale Faktoren wie Schmerzen im Bereich der Gelenke, Knochen und Muskeln und künstliche Gelenke signifikante Einflussfaktoren.

Almeida beschreibt die persönliche Einschätzung der Sehkraft als signifikanten Einflussfaktor REF. Dies konnte in unserer Studie bestätigt werden. Der binokulare Visus zeigte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den FRT.

Darüber hinaus zeigte sich hinsichtlich der Selbsteinschätzung die Gangsicherheit betreffend ebenfalls ein signifikanter Einfluss.

Selbstbewusstsein wurde dabei nicht direkt untersucht.

*Tabelle 4: Assoziation zwischen FR [cm] und weiteren – in unserer Kohorte postulierten – möglichen Einflussfaktoren*

Einflussfaktor	Mittelwert (SD)/ Prozent (Anzahl N)	p-Wert
<i>Demographische Parameter</i>		
Rechtshändigkeit [%]	88 (N= 967)	0,35
Bildungsjahre [Jahre]	14,37 (2,7)	0,0001*
<i>Kardiovaskuläre Einflussfaktoren</i>		
Beta-Blocker [% - ja- Antworten]	18 (N= 201)	0,0018*
Arterielle Hypertonie [% ja-Antworten]	41 (N= 454)	< 0,0001*
Vorhofflimmern [% - ja- Antworten]	4 (N= 44)	0,22
Hypercholesterinämie [% - ja-Antworten]	42 (N= 460)	0,0007*
IMT [mm]	0,75 (0,17)	0,31
<i>Sensomotorische Einflussfaktoren</i>		
Gangunsicherheit [% - Gangunsicher]	29 (N= 277)	< 0,0001*



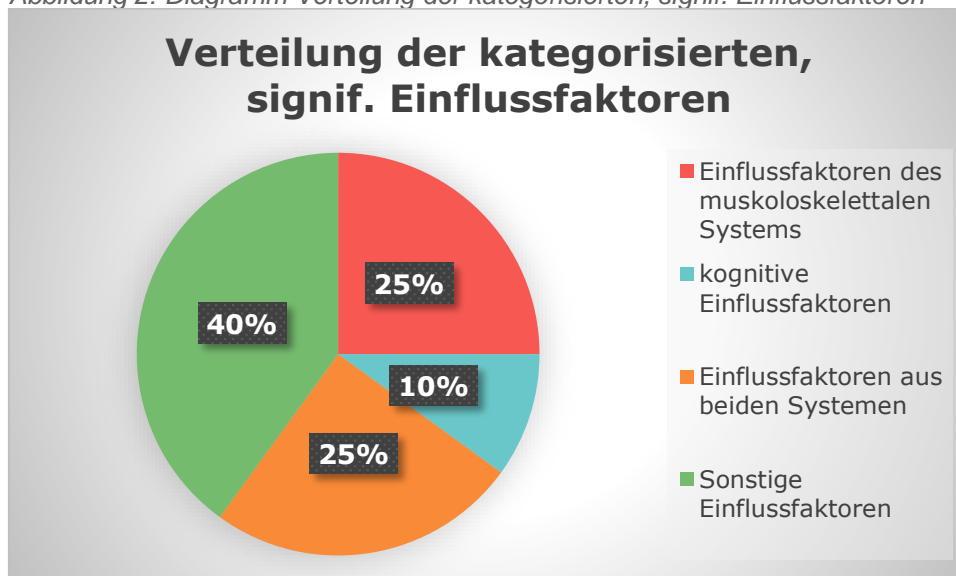
Visus binokular [0-1]	0,78 (0,21)	0,001*
Rheuma [% - ja- Antworten]	9 (N=95)	0,0043*
Sehnenschäden [% - ja- Antworten]	14 (N= 152)	0,70
Künstl. Gelenke [% - ja- Antworten]	8 (N= 84)	<0,0001*
Knochenbrüche [% - ja- Antworten]	37 (N= 406)	0,79
Schmerzen [% - ja- Antworten]	22 (N= 240)	<0,001*

Anmerkung: Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung) bzw. Prozent (Anzahl N); \* = P-Werte kleiner 0,05 (2-seitig) werden als signifikant angegeben. Berechnung der p-Werte mittels Korrelationen und F-Statistik; IMT = Intima media thickness (Intima – Media – Dicke)

### 3.2.2.1 Schematische Darstellung einzelner Kategorien der signifikanten Einflussfaktoren

Unter Berücksichtigung der erhobenen signifikanten Einflussfaktoren aus der Literatur und den in dieser Studie dargestellten weiteren Faktoren zeigt das folgende Diagramm eine schematische Darstellung nach Kategorisierung der jeweiligen Einflussfaktoren anhand der Fragestellung, ob muskuloskelettale Faktoren einen größeren Einfluss haben. Hierbei handelt es sich um eine explorative Betrachtung, sodass nur eine grobe Einteilung erfolgte. Es kann jedoch gezeigt werden, dass ca. doppelt so viele Einflussfaktoren vorliegen, die sich auf das muskuloskelettale System beziehen.

Abbildung 2: Diagramm Verteilung der kategorisierten, signif. Einflussfaktoren



Anmerkung: prozentuale Darstellung; **Rot:** Größe, Trochanterhöhe, Rheuma, künstl. Gelenke, Schmerzen; **Blau:** Mini Mental Status Test, Bildungsjahre; **Orange:** Timed up and Go; schnelles Gehen, normales Gehen, Gripforce, Gangunsicherheit; **Grün:** Alter, Diabetes, Betablocker, arterieller Hypertonus, Hypercholesterinämie, Visus, Pallästhesie

### 3.2.2.2 Einfluss des Untersuchers auf die Reichweite im FRT

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sollte in dieser Arbeit der Einfluss des Untersuchers auf den FRT ermittelt werden. In Tabelle 5 zeigt sich, dass der erste Untersucher signifikant höhere Reichweiten bei seinen Probanden gemessen hat als Untersucher 2. Dieses Ergebnis sollte jedoch nicht mit einer Abwertung der Interrater-Korrelation des FRT einhergehen. Die Untersuchenden führten den FRT nicht bei den gleichen Probanden durch. Gegenüber Untersucher 2 hatte Untersucher 1 eine deutlich motivierende

Herangehensweise an die Untersuchung aufgrund einer fehlenden Einschränkung während der Messung nicht mit den Probanden zu sprechen. So hatte der Untersucher 1 während der Untersuchung die Probanden motiviert, damit diese näher an die Grenzen der Stabilität gelangen konnten. Auf Nachfrage hatte der zweite Untersucher während der Durchführung der Untersuchungen nicht mit den Probanden gesprochen. An einer Abweichung der untersuchenden Probanden kann es nicht liegen, da ungefähr gleich viele Probanden von den jeweiligen Untersuchern betreut wurden. Darüber hinaus wurden die Probanden mit zahlreichen Risikofaktoren und Vorerkrankungen nicht alle gemeinsam einbestellt, um die angesetzte Untersuchungsdauer nicht unnötig in die Länge zu ziehen.

*Tabelle 5: Assoziation zwischen Funktioneller Reichweite und Untersucher*

	Untersucher 1 (N= 528)	Untersucher 2 (N= 565)	p-Wert
FR [cm]	27,65 (5,80)	25,88 (6,17)	< 0,0001*

Anmerkung: Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung); \* P-Werte kleiner 0,05 (2-seitig) werden als signifikant angegeben. Berechnung der p-Werte mittels Korrelation und F-Statistik; FR = Funktionelle Reichweite

In dem in der Tabelle 6 dargestellten Modell wurden alle zuvor als signifikant ermittelten Einflussfaktoren eingeschlossen.

Tabelle 6 berichtet diejenigen vier Einflussfaktoren, die bei Einschluss aller vorab getesteten signifikanten Einflussfaktoren (vgl. Tbl. 3 und 4) im logistischen Regressionsmodell einen signifikanten Einfluss auf die Funktionelle Reichweite haben. Die Ermittlung der vier Einflussfaktoren erfolgt mit Hilfe eines Stepwise Backward Regressionsmodell, um die Ergebnisse aus dem allgemeinen Modell zu bestätigen.

Wendet man das Akaike Informationskriterium (AIC) auf das Modell an, ergibt sich ein durch die signifikanten Einflussfaktoren der FRT erklärter Prozentanteil von 34%. In diesem Modell sind neben den unten genannten vier Parametern Schmerz, Alter ( $p < 0,0001$ ), Untersucher ( $p=0,004$ ) und Gripforce ( $p= 0,0085$ ) zusätzlich noch das Geschlecht ( $p= 0,0076$ ), Trochanterhöhe ( $p= 0,001$ ), sowie

die Bildungsjahre ( $p = 0,0146$ ) und eine bestehende Gangunsicherheit ( $p = 0,0354$ ) weitere signifikante Einflussfaktoren. Die Hypercholesterinämie ( $p = 0,052$ ) und die Arthrose ( $p = 0,0553$ ) sind bei einem alpha-Niveau von 0,05 gerade nicht signifikant.

Nach dem Bayesschen Informationskriterium (BIC) liefert das Modell einen prozentualen Erklärungsanteil von 19,3%. Als signifikante Einflussfaktoren resultieren hieraus das Alter ( $p < 0,0001$ ), der Untersucher ( $p = 0,0051$ ), sowie die Bildungsjahre ( $p < 0,0001$ ) und die Trochanterhöhe ( $p < 0,0001$ ).

*Tabelle 6: Berechnung des erklärten Anteils der Funktionellen Reichweite mittels logistischer Regression*

$r^2$ [%]	43	
$r^2$ korrigiert [%]	34	
Signifikant erklärende Einflussfaktoren		
<i>Parameter</i>	<i>Wahrscheinlichkeit [<math>&gt; t </math>]</i>	$r^2$ [%]
Schmerzen	0,0186	1
Gripforce	0,0228	6
Alter	0,0027	7
Untersucher	0,0488	2

Anmerkung: Darstellung des erklärten prozentualen Anteils ( $r^2$  in Prozent) der Funktionellen Reichweite. In das logistische Regressionsmodell wurden alle vorab in den Analysen als signifikant resultierenden Einflussfaktoren eingeschlossen.

### 3.3 CUT-OFF-WERTE

#### 3.3.1 Einteilung der Gruppe nach Cut-off-Werten

Die folgenden beiden Tabellen geben die bereits in Tabelle 3 und 4 beschriebenen Einflussfaktoren mit jetzt bestehender Berücksichtigung der Cut-off-Werte wieder.

Die Signifikanzniveaus ändern sich dabei nur an einigen Stellen. Das Geschlecht hat nach Einteilung in die drei Bereiche keinen signifikanten Einfluss mehr. Dies betrifft auch eine bestehende Arthrose und die Einnahme von Betablockern. Nach Einteilung in Cut-off-Werte erreicht jedoch die Einschätzung der Aktivitäten des täglichen Lebens das Signifikanzniveau.

Tabelle 7: Assoziation der in der Literatur postulierten Cut-off-Werte des FR mit den in der Fachliteratur postulierten Einflussfaktoren

Einflussfaktoren	0 (> 25cm) N= 634	1 (25- 15cm) N= 415	2 (< 15cm) N= 40	p-Wert
<i>Demographische Parameter</i>				
Alter [Jahre]	63,48 (6,49)	66,23 (6,95)	69,13 (5,39)	<0,0001*
Geschlecht [% - Männer] (insg. 57%)	62 (N= 352)	35 (N= 201)	3 (N= 18)	0,06
Größe [cm]	172,2 (8,4)	168,8 (8,3)	169,9 (7,9)	< 0,0001*
Trochanterhöhe [cm]	90,9 (5,6)	87,8 (5,9)	88,1 (5,5)	< 0,0001*
Gewicht [kg]	75,7 (13,7)	76,6 (14,8)	79,1 (12)	0,25
BDI [0 – 63 Punkte]	6,07 (6,13)	6,03 (6,32)	7,03 (5,85)	0,63
MMSE [0 – 30 Punkte]	28,49 (1,22)	28,28 (1,45)	27,82 (1,65)	0,0012*
<i>Kardiovaskuläre Einflussfaktoren</i>				
Diabetes mellitus [% - ja-Antworten] (insg. 8%; N= 83)	5 (N= 33)	11 (N= 47)	8 (N= 3)	0,0012*
<i>Sensomotorische Einflussfaktoren</i>				
Pallästhesie [0/8 – 8/8]	7,07 (1,7)	6,73 (2)	6,41 (2,13)	0,0029*
Arthrose [% - ja- Antworten] (insg. 44%; N= 482)	41 (N= 264)	48 (N= 201)	42 (N= 17)	0,09
TUG [s]	9,8 (2,3)	10,3 (2,6)	11,3 (2,5)	< 0,0001*
Körperliche Aktivität [Stunden pro Woche]	2,53 (1,27)	2,63 (1,28)	2,87 (1,43)	0,21
<i>Frailty-Parameter</i>				
Gripforce [kg]	33,05 (10,27)	29,22 (9,82)	25,72 (8,33)	< 0,0001*

Schnelles Gehen [s]	12,05 (1,63)	13,27 (2,22)	14,08 (1,72)	< 0,0001*
Normales Gehen [s]	14,95 (1,68)	15,83 (2,27)	16,8 (1,92)	< 0,0001*
„Mir fällt es schwer neue Dinge in Angriff zu nehmen“ [% - ja-Antworten] (insg. 22%; N= 158)	23 (N= 92)	21 (N= 58)	31 (N= 8)	0,47
„Mir fällt es schwerer meinen Alltag zu bewältigen“ [% - ja-Antworten] (insg. 18%; N= 126)	17 (N= 68)	17 (N= 48)	39 (N= 10)	0,017*
„Haben Sie in letzter Zeit Gewicht abgenommen?“ [% - ja-Antworten] (insg. N= 138 von 282)	42 (N= 69)	59 (N= 63)	50 (N= 6)	0,0285*

Anmerkung: Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung) bzw. Prozent (Anzahl N). P-Werte kleiner 0,0167 (2-seitig; 0.05/3 Bonferroni korrigiert) werden als signifikant angegeben. Berechnung der p-Werte mittels Chi-Quadrat Test bzw. Varianzanalyse (ANOVA). Gripforce, Gewichtsverlust, Abnahme der Gehgeschwindigkeit, sowie das Gefühl „nicht mehr alles zu schaffen“ stellen die Parameter für altersbedingte Gebrechlichkeit (frailty) dar.; BDI = Beck's Depressions Inventar; BMI = Body-Mass-Index; MMSE = Mini-Mental State Examination Test; TUG = Timed Up and Go.

*Tabelle 8: Assoziation der in der Literatur postulierten Cut-off-Werte des FR mit weiteren – in unserer Kohorte postulierten – möglichen Einflussfaktoren*

Einflussfaktoren	0 (> 25cm) N= 634	1 (25- 15cm) N= 415	2 (< 15cm) N= 40	p-Wert
<i>Demographische Parameter</i>				

Rechtshändigkeit [% - ja-Antworten] (insg. 88%; N= 964)	89 (N= 569)	87 (N= 361)	85 (N= 34)	0,37
Bildungsjahre [Jahre]	14,74 (0,11)	13,91 (0,13)	13,43 (0,42)	< 0,0001*

*Kardiovaskuläre Einflussfaktoren*

Betablocker [% - ja-Antworten] (insg. 18%; N= 200)	16 (N= 103)	21 (N= 87)	25 (N= 10)	0,08
Arterielle Hypertonie [% - ja-Antworten] (insg. 41%; N= 453)	37 (N= 235)	47 (N= 197)	53 (N= 21)	0,0012*
Vorhofflimmern [% - ja-Antworten] (insg. 4%; N= 43)	4 (N= 23)	4 (N= 17)	8 (N= 3)	0,46
Hypercholesterinämie [% - ja-Antworten]	38 (N= 242)	46 (N= 192)	55 (N= 22)	0,009*

*Sensomotorische Einflussfaktoren*

Gangunsicherheit [% - ja-Antworten] (insg. 29%; N= 276)	24 (N= 143)	34 (N= 120)	42 (N=13)	0,0016*
Visus binokular [0-1]	0,792 (0,20)	0,76 (0,22)	0,73 (0,24)	0,03*
Rheuma [% - ja-Antworten] (insg. 9%; N= 94)	7 (N= 45)	10 (N= 42)	18 (N= 7)	0,03*
Sehnenschäden [% - ja-Antworten] (insg. 14%; N= 150)	14 (N= 91)	13 (N= 54)	13 (N= 5)	0,81

Künstliche Gelenke [% - ja-Antworten] (insg. 7%; N= 82)	5 (N= 30)	11 (N= 44)	20 (N= 8)	< 0,0001*
---	-----------	------------	-----------	-----------

Schmerzen [% - ja-Antworten]	19 (N= 119)	26 (N= 108)	28 (N= 11)	0,0147*
------------------------------	-------------	-------------	------------	---------

Anmerkung: Darstellung der Daten anhand von Mittelwert (Standardabweichung) bzw. Prozent (Anzahl N). \* = P-Werte kleiner 0,0167 (2-seitig; 0.05/3 Bonferroni korrigiert) werden als signifikant angegeben. Berechnung der p-Werte mittels Chi-Quadrat Test bzw. Varianzanalyse (ANOVA).

### 3.3.2 Korrelation mit Stürzen und Sturzrisiko/-vorhersage

Die Tabelle 9 zeigt eine Vier-Felder-Tafel mit Einteilung der funktionellen Reichweite in größer und kleiner 25 cm, sowie in Probanden mit weniger als zwei Stürzen in den letzten 24 Monaten und in Probanden mit zwei oder mehr Stürzen in dem angegebenen Zeitraum.

Das aus der Vier-Felder-Tafel errechnete Relative Risiko beträgt 1,84 (95% CI: 1,12 – 3,02). Probanden aus unserer Kohorte, die im FRT ein Ergebnis unter 25 cm zeigen, haben damit eine 1,84fach erhöhte Wahrscheinlichkeit, im Verlauf der letzten zwei Jahre zumindest zweimal gestürzt zu sein. Von einer Einteilung in die oben dargestellten drei Cut-off-Bereiche wurde auf Grund der Gruppengröße abgesehen.

*Tabelle 9: Berechnung des Relativen Risikos in den vergangenen 24 Monaten zumindest zweimal gestürzt zu sein*

	FR > 25cm	FR < 25cm	Total
Nicht – Stürzer	468	281	749
Stürzer (>= 2 Stürze in den letzten 24 Monaten)	30	35	65
<b>Total</b>	<b>498</b>	<b>316</b>	<b>814</b>

Anmerkung: Vier – Felder Tafel zur Berechnung des Relativen Risikos in den vergangenen zwei Jahre gestürzt zu sein in Abhängigkeit des Ergebnisses der Testung der Funktionellen Reichweite. Probanden, die zweimal oder mehr als zwei Mal stürzen, werden als Stürzer klassifiziert. Probanden ohne Sturzereignis in den letzten 24 Monaten werden als Nicht –



Stürzer klassifiziert. Probanden mit einem Sturz (N=144) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

## **4 DISKUSSION**

Der FRT ist mit seiner einfachen und kostengünstigen Durchführung ein häufig verwendeter Test zur Prädiktion von Stürzen und gleichzeitig zur Messung von statischem Gleichgewicht unter beanspruchenden Bedingungen.

In der aktuellen Literatur finden sich häufig widersprüchliche Ergebnisse zu den von Duncan postulierten Möglichkeiten des Testes. Insbesondere die hohe Anzahl unterschiedlichster Einflussfaktoren auf den Test machen die Ergebnisse häufig nicht eindeutig und lassen Spielraum für zahlreiche Interpretationen. Insbesondere der Wert des FRT zur Risikostratifizierung von Stürzen bei älteren Menschen ist in der bereits oben einleitend aufgeführten Literatur nicht konsistent.

### **4.1 STELLENWERTE DER EINFLUSSFAKTOREN**

Gerade die Einfachheit des Testes macht ihn vermutlich anfällig für zahlreiche, teils nicht geklärte Einflussfaktoren, sodass zu diskutieren ist, ob eine Modifikation hin zu einer verfeinerten Messung der funktionellen Reichweite mit Analysen der Bewegungsabläufe Ergebnisse liefert mit mehr Informationen und Aussagekraft hinsichtlich eines Sturzmonitorings des älteren Menschen. In dieser Arbeit sollten die bereits bekannten Einflussfaktoren nochmals evaluiert werden. Gerade bei der hier zugrundeliegenden Kohortengröße scheint dies sinnvoll zu sein, da die betrachteten Studien mit Verwendung des FRT häufig nur kleine Gruppen untersucht haben.

Eine genaue Evaluation aller Risikofaktoren ist insofern obligatorisch, um eine bessere Interpretation der erhobenen Daten zu gewährleisten. Eine Beeinträchtigung des Gleichgewichts kann Ausdruck einer neurodegenerativen Erkrankung sein, aber gleichzeitig auch Symptom anderer Erkrankungen, sodass beim Nachweis einer Veränderung des statischen Gleichgewichts und eindeutig identifizierten Einflussfaktoren ein Rückschluss gezogen werden kann. Zudem können so ggf. bestehende Faktoren erneut evaluiert werden und deren mögliches Fortschreiten hinsichtlich einer Verschlechterung der

zugrundeliegenden Erkrankungen identifiziert werden. In diesem Zusammenhang sei auf den in dieser Arbeit nachgewiesenen signifikanten Einfluss eines Diabetes mellitus verwiesen. Darüber hinaus zeigt sich die Pallästhesie ebenfalls als signifikanter Einflussfaktor. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den bereits durchgeführten Studien bestätigt sich der Einfluss einzelner Faktoren untereinander. Die Pallästhesie kann eine Komplikation des Diabetes mellitus sein (Cimbiz, 2005; Kraiwong, 2019; Lin, 2010; Maranesi, 2013). Aufgrund der Fülle an Einflussfaktoren, die in dieser Arbeit identifiziert wurden, ist jedoch ein Rückschluss von funktioneller Reichweite auf den Progress einer Neuropathie nur dann möglich, wenn alle anderen Einflussfaktoren stabil bleiben. Weiterhin wurde in den Studien zum Diabetes der sogenannte Altersdiabetes betrachtet, sodass in diesem Zusammenhang das Alter als Einflusskriterium berücksichtigt werden muss. So zeigt sich in den hier betrachteten Studien mit steigendem Alter eine Zunahme der Komplikationen und damit verbunden eine Abnahme der funktionellen Reichweite (Kraiwong, 2019). Zusätzlich wird ein weiterer Aspekt der Neuropathie in Form einer Abnahme der Muskelkraft der unteren Extremität bei Kraiwong hinzugenommen. Dabei stellen Beuge- und Streckkraft des Kniegelenkes, sowie die Beugung nach plantar signifikanten Einflüssen auf die funktionelle Reichweite dar.

In diesem Zusammenhang finden sich als signifikante Einflussfaktoren neben der bereits in anderen Studien beschriebenen Arthrose (Harrison, 2004) noch Rheuma, Schmerzen und die operative Versorgung mit künstlichen Gelenken der unteren Extremität. Insbesondere Schmerzen und eine Arthrose des Kniegelenkes zeigen eine Assoziation mit einer Abnahme der muskulären Schwäche der betroffenen unteren Extremität, vor allem des Kniestreckers (REF). Hier zeigt sich erneut eine gegenseitige Beeinflussung von Faktoren, da eine verringerte Kraft der Muskulatur der unteren Extremität wiederum die Bildung einer Arthrose und deren Folgen begünstigen kann (Hurley, 1999; Lewek, 2004; Bennell, 2013). Nach Zuordnung der Probanden entsprechend der Cut-off-Werte zeigt Arthrose keinen signifikanten Einfluss mehr. In den herangezogenen Studien zu dem Thema wird vor allem die symptomatische

Arthrose behandelt, die bei Erhebung der Daten in dieser Arbeit nicht explizit erfragt wurde. Daher liegt die Vermutung nahe, dass eine asymptomatische Arthrose keinen Einfluss auf die funktionelle Reichweite hat, Dies kann aufgrund der vorliegenden Daten jedoch nicht mehr differenziert werden. Muskelkraft und -volumen stellen zusätzlich einen wichtigen Faktor für Sarkopenie und der Gebrechlichkeit („frailty“) dar. Zwar kann in diesem Zusammenhang keine eindeutige Assoziation zwischen der als Gebrechlichkeitsparameter festgelegten Handkraft und der Kraft der unteren Extremitäten gezogen werden (Alonso, 2018). Allerdings besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Sarkopenie und Diabetes mellitus Typ II (Yasemin, 2019), womit sich die gesondert betrachteten Einflussfaktoren untereinander ebenfalls beeinflussen und somit die dem FRT entsprechend einfache Betrachtung der Auswertung des Testes nicht mehr gerecht wird. Dies wird ebenfalls deutlich in der Studie von Harris-Love. Hier wird der Evaluation der Kraft der unteren Extremität ebenfalls eine zusätzliche Aussagekraft zur Beurteilung der Sarkopenie beigemessen (Harris-Love, 2018).

Die in dieser Arbeit erhobenen Parameter neben dem Alter der Probanden und der bereits angesprochenen Handkraft sind die Ganggeschwindigkeit, die Alltagsbewältigung, eine ungewollte Gewichtsabnahme und die Aktivitäten des täglichen Lebens. Hierbei zeigt die Alltagsbewältigung keinen signifikanten Einfluss. Dies mag daran liegen, dass ein ausführlicher Test wie zum Beispiel der modifizierte Barthel-Index eine stärkere Aussagekraft bietet. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass nach Aufteilung der Probanden, die eine Verschlechterung der Alltagsbewältigung angaben, in die entsprechenden Gruppen gemäß der Cut-off-Werte des FRT das Signifikanzniveau erreicht wird. Der Messparameter mag daher bei allgemeiner Betrachtung der Variablen der funktionellen Reichweite zu ungenau sein. Ähnlich verhält es sich mit der Frage nach der Inangriffnahme neuer Dinge, wobei diese Frage vermutlich zu allgemein gehalten ist. Gebrechlichkeit/Sarkopenie kann hier als Einflussfaktor bestätigt werden.

Im Rahmen der Evaluation von möglichen kardiovaskulären Faktoren mit Einfluss auf das statische Gleichgewicht konnten mit Erreichen des Signifikanzniveau in der allgemeinen Betrachtung die arterielle Hypertonie, die Einnahme von Betablockern und die Hypercholesterinämie identifiziert werden. Hinsichtlich der Medikamenteneinnahme kann sie als Ausdruck der arteriellen Hypertonie gewertet werden, da die Therapie mit einem Betablocker zur Basistherapie eines arteriellen Hypertonus gehört. Darüber hinaus lässt sich nach weiterer Aufteilung der Probanden nach den Cut-off-Werten kein signifikanter Zusammenhang mehr nachweisen, was nahelegt, dass andere Indikationen der Betablockertherapie keinen Einfluss auf den FRT haben. Das betrifft das hier betrachtete Vorhofflimmern, oder eine mögliche Herzinsuffizienz als Indikation, die im Rahmen der Datenerhebung leider nicht dezidiert erfasst wurde. Die arterielle Hypertonie und auch die Hypercholesterinämie können am ehesten im Rahmen eines metabolischen Syndroms verstanden werden, in Kombination mit einem Diabetes mellitus, sodass zur Überprüfung der These die Daten dahingehend geprüft werden müssten, ob die 41/42% der Probanden mit einem arteriellen Hypertonus und einer Hypercholesterinämie in beiden Gruppen zu finden sind. Weiterhin müssten die 8% Diabetiker ebenfalls in einer bzw. beiden Gruppen auftauchen. Zudem besteht eine eindeutige Assoziation der hier evaluierten Erkrankungen mit dem Alter und einer bestehenden Sarkopenie, insbesondere unter Berücksichtigung des hier nur leicht erhöhten BMI-Wertes von 26,19 kg/m<sup>2</sup> (Zhang, 2018). Zusätzlich ist die Intima Media Dicke als Ausdruck einer fortgeschrittenen kardiovaskulären Erkrankung mit Ausbildung von Plaques in dieser Kohorte nicht als relevanter Einflussfaktor nachgewiesen worden (Lorenz, 2007). Damit besteht kein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko der Probanden mit niedrigen FRT Werten. Auffällig ist, dass depressive Symptome, die mittels des BDI erhoben wurden, in unserer Kohorte sowohl in der allgemeinen Betrachtung als auch in der differenzierten Gruppeneinteilung keinen signifikanten Einfluss zeigen. Dieses ist nach den in dieser Arbeit betrachteten Studien nicht zu erwarten gewesen. Sowohl eine Depression als auch eine verminderte funktionelle Reichweite

zeigen eine Korrelation zu vermehrten Stürzen, sodass ein Einfluss untereinander ebenfalls zu erwarten gewesen wäre (Alenazi, 2018). Zudem wird die Depression als Prodromalmarker einer möglichen neurodegenerativen Erkrankung angesehen, sodass ein Einfluss auf den FRT zumindest möglich erscheint (Duncan, 1992). Der hier verwendete Test zur Evaluation einer depressiven Symptomatik ist der BDI. Es besteht die Möglichkeit, dass die Probanden ggf. „zu gut“ getestet wurden durch den BDI und somit ein signifikanter Einfluss nicht nachgewiesen werden kann. Ein weiterer Fragebogen zur Erhebung von depressiven Symptomen ist die Geriatrische Depressions Scala (GDS). Beide Verfahren zeigen untereinander eine starke Korrelation, jedoch wird dem GDS im Hinblick auf die hier bestehende Kohorte tendenziell ein Vorteil zur Erhebung der Daten beigemessen. Dem zugrunde gelegt wird das entsprechende Alter der Probanden mit im Mittel 65 Jahren (Jefferson, 2001; Smarr, 2011). Daher sei an dieser Stelle erwähnt, dass zur besseren Darstellung der depressiven Symptome die Datenerhebung ab dem zweiten Follow-up um den GDS erweitert wurde. Es sollte diesbezüglich eine erneute Evaluation des Einflusses einer Depression auf die funktionelle Reichweite erfolgen mit gleichzeitiger Gegenüberstellung der Ergebnisse des BDI und des GDS

Im Weiteren zeigen sich die bereits in der Literatur erwähnten Parameter Größe, Geschlecht und Trochanter Höhe als signifikante Einflussfaktoren. Nach Durchführung einer multivariablen logistischen Regression erreichen die anthropologischen Parameter jedoch kein Signifikanzniveau mehr, sodass eine Abhängigkeit von Größe und Geschlecht des Probanden auf seine funktionelle Reichweite keine große Relevanz zu haben scheint. Dies entspricht den Daten aus der Literatur (Kage, 2009). Nach Anwendung des hier zu bevorzugenden Bayesschen Informationskriteriums aufgrund der Stichprobengröße und der Menge an Variablen ergibt sich ein signifikanter Einfluss der Trochanter Höhe. Diesbezüglich ist die Datenlage nicht ausreichend, um den Einfluss zu erklären. Es ist allerdings naheliegend, dass große Personen (d.h. mit höherer

Trochanterhöhe) auch größere FRT Werte erreichen, schon einfach aufgrund der biomechanischen Eigenschaften.

Als weiterer signifikanter Einflussfaktor zeigte sich die Anzahl der Bildungsjahre. Dieser Faktor zeigt sich überraschenderweise in allen drei durchgeführten statistischen Analysen (allgemeine Analyse, Akaike Informationskriterium und Bayessche Informationskriterium) als signifikant mit dem FR Wert assoziiert. Betrachtet man an dieser Stelle die beiden einzelnen großen Kohorten der Studie bestehend aus TREND-Probanden und PRIPS-Probanden, fällt hier neben der unterschiedlichen Geschlechterverteilung, die auf der Tatsache des bevölkerungsbasierten Aufbaus der PRIPS-Studie fußt, ein das Signifikanzniveau erreichender Unterschied in der funktionellen Reichweite und den Bildungsjahren auf, d.h. Personen mit mehr Bildungsjahren erreichen höhere FRT Werte. Ob sich der Unterschied zwischen den beiden Kohorten im FRT ausschließlich durch die Bildungsjahre erklärt, ist höchst unwahrscheinlich. Einschränkend sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass die alleinige Betrachtung der Bildungsjahre und der Rückschluss auf das Bildungslevel nicht ausreichend ist (Rohit, 2007). Bildungsjahre korrelieren jedoch mit kognitiver Fitness und Reserve. Darüber hinaus konnte in einigen Studien ein Zusammenhang zur Entwicklung einer Demenz gezeigt werden. Einschränkend muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Probanden in dieser Arbeit mit durchschnittlich 14,37 Jahren deutlich über den in der Literatur betrachteten Cut-off Werten von 4 und 7 Bildungsjahren liegen. (Santos, 2014; Lenehan, 2015; Bento-Torres, 2017; Contador, 2017; Huntley, 2018). Hinsichtlich des bereits im Vorfeld besprochenen Einflusses der Kognition, die hier mittels des Mini-Mental-Status-Test erhoben wurde, wird deutlich, dass Verständnis, kognitive Reserve und Fitness wichtige Voraussetzungen für die Leistung beim FRT sein könnten. Eine zu weit fortgeschrittene neurodegenerative Erkrankung stellt damit eine Limitation für den Test, hinsichtlich Evaluation des Sturzrisikos oder des Gleichgewichts bei den Betroffenen, dar (Rockwood, 2000). Somit wird auch deutlich, dass die eingangs gewünschten Modifikationen des Testes, insbesondere unter

Berücksichtigung des Aspektes der Früherkennung von neurodegenerativen Erkrankungen, nicht zu einer Zunahme der Komplexität der Durchführung des FRT führen dürfen, sondern die Modifikationen die erhobenen Daten betreffen sollten.

In diesem Zusammenhang sei auch auf den in dieser Arbeit nachgewiesenen signifikanten Einfluss des Untersuchers auf die Ergebnisse des FRT hingewiesen. Dabei sind die zuvor in zahlreichen Studien nachgewiesenen Gütekriterien nicht widerlegt, sondern der Einfluss des Untersuchers liegt an einer weiteren Variablen, die durch den Untersucher eingebracht wurde. Es handelt sich dabei um den Faktor Motivation. So hatte Untersucher 1 während der Durchführung, die zu Untersuchenden immer wieder motiviert, möglichst an die Grenzen der Stabilität zu gehen. Im weiteren Sinne könnte Motivation daher zum einen als positive Verstärkung gewertet werden und zum anderen als eine Form der zielgerichteten Bewegung. Beides wirkt sich positiv auf die funktionelle Reichweite aus (Bond, 2000; Harrison, 2004). Vor allem unter Berücksichtigung der Früherkennung von neurodegenerativen Erkrankungen ist es wichtig möglichst genaue Werte zu ermitteln. Eine positive Selbstverstärkung kann dabei helfen, Angst im Rahmen der Untersuchung zu nehmen, die wiederum zu einer herabgesetzten Reichweite führt und somit zu einem falsch negativen Ergebnis (Li, 2003). Es sollte daher eine Modifikation des FRT mit einer zielgerichteten, motivierenden Komponente, um das Maximum der funktionellen Reichweite sicher zu ermitteln, für zukünftige Anwendungen in Erwägung gezogen werden. Zum Beispiel könnte ein zu erreichender Gegenstand um den Cut-off-Wert von 25,4 cm platziert werden.

Solange eine entsprechende Anpassung nicht erfolgt, sollte bei nur schwer messbarer Komponente der Motivation, eine Anpassung in der standardisierten Vorgehensweise im Rahmen des FRT erfolgen. Diesbezüglich wurden die Untersucher im zweiten Follow Up auf den strikten Verzicht hinsichtlich verbaler Einflussnahmen im Rahmen der Durchführung der Tests an der Station für die axiale motorische Testung hingewiesen.

Berücksichtigt man alle in dieser Arbeit erhobenen Einflussfaktoren und deren Beeinflussung untereinander so ergibt sich anhand der logistischen Regression



ein beachtlicher Erklärungsanteil für die Varianz der funktionellen Reichweite von 34%, womit trotz der an sich guten Werte, ein großer Anteil der Varianz des FRT nicht erklärt werden kann. Es muss daher diskutiert werden, welche -in dieser Arbeit offensichtlich nicht berücksichtigten- Faktoren möglicherweise einen größeren Erklärungsanteil liefern und weiter untersucht werden sollten. Die eingeschlossenen Probanden wiesen vor Beginn der Datenerhebung keine neurodegenerative Erkrankung auf, sodass hier retrospektiv die im Laufe der Studie konvertierten Probanden untersucht werden sollten hinsichtlich des Einflusses der Erkrankung auf die funktionelle Reichweite.

Einleitend wurde jedoch auch ein weiterer Einflussfaktor erwähnt, der in dieser Arbeit nicht näher untersucht wurde. Jede Bewegung des menschlichen Körpers benötigt den Einsatz verschiedenster Muskelgruppen mit unterschiedlicher Kraftintensität und Bewegungsrichtung. Beim Gehen und Rennen werden Fuß-, Waden-, Oberschenkel-, Gesäß-, Rücken-, Bauch- und Schultermuskulatur beansprucht. Die Komplexität einer Bewegung ist immens und entsprechend können unterschiedlichste Abläufe zum gleichen Ziel führen. So können auch unterschiedliche Bewegungsstrategien im Rahmen des FRT zur gleichen Reichweite führen (Maranesi, 2013). Zusätzlich sind verschiedene Strategien aber auch unterschiedlich effektiv und führen zu unterschiedlich ausgeprägter Belastung des Körperschwerpunktes (Liao, 2008).

Die verwendete Bewegungsstrategie eines Probanden, um die maximale funktionelle Reichweite zu erreichen, beeinflusst somit den Test. Betrachtet man beide Aspekte der Bewegungsstrategie zusammen, so könnte eine Abnahme der funktionellen Reichweite als fehlende körperliche Kompensationsfähigkeit betrachtet werden. Veränderungen neurologischer oder muskuloskelettaler Genese führen im Frühstadium zu einer Veränderung der gewählten Bewegungsstrategie von hoher Belastung des Körperschwerpunktes hin zu geringerer Belastung des Körperschwerpunktes, ohne dabei die funktionelle Reichweite zu verringern. Bei zunehmender Erkrankung/Veränderung kommt es dann erst zu einer Reduktion der funktionellen Reichweite. Zu berücksichtigen ist, dass die Bewegungsstrategien nicht nur von der neurologischen Steuerung, sondern auch von den

muskuloskelettalen Bedingungen abhängen und somit kein direkter Rückschluss auf eine mögliche neurodegenerative Erkrankung bei plötzlicher Veränderung der Bewegungsstrategie gezogen werden kann. Sowohl in der Baseline Messung der TREND-Studie als auch im ersten Follow Up wurde zur Bewegungsanalyse ein Sensor verwendet. Die gewonnenen Daten sollten hinsichtlich der verwendeten Bewegungsstrategie ausgewertet werden und dann mit der jeweiligen Reichweite verglichen werden. Dazu bedarf es jedoch zunächst einer Erstellung von Algorithmen, um überhaupt aus den erhobenen Daten unterschiedliche Strategien zu evaluieren. Im zweiten Follow Up wurden sogar sechs Sensoren verwendet, sodass hier genauere Daten zu erwarten sind. Gerade was die Echtzeitmessung im Rahmen des FRT angeht, sind mehrere Sensoren sicherlich von Vorteil aufgrund der Komplexität der Bewegungen.

## **4.2 VERWENDUNG DER CUT-OFF-WERTE**

Die von Duncan verwendeten Cut-off-Werte von  $> 25,4$  cm,  $25,4$  bis  $15$  cm und  $> 15$  cm wurden auch in dieser Arbeit übertragen und mit den zuvor erhobenen Einflussfaktoren auf die Probandengruppen angewendet.

Hinsichtlich der verwendeten Werte lassen sich die Einteilungen bestätigen. Warum einzelne Einflussfaktoren nach Einteilung in eine der drei Gruppe nicht mehr das zuvor erreichte Signifikanzniveau erreichen bzw. signifikant werden, wurde bereits oben diskutiert.

Eine Einteilung in drei Gruppen scheint in dieser Arbeit jedoch wenig sinnvoll zu sein aufgrund der überwiegend „gesunden“ und relativ „jungen“ Kohorte. Werte unter  $15$  cm deuten bereits für sich genommen auf einen hochrisikobehafteten Probanden hin und entsprechend klein ist die Gruppe in der hier bestehenden Kohorte. Von  $1100$  Probanden haben nur  $40$  eine Reichweite unter  $15$  cm. Insbesondere diese Gruppe sollte dezidiert weiter untersucht werden und vor allem zur Reduktion des Sturzrisikos bereits physiotherapeutischen Maßnahmen zugeführt werden.

Hinsichtlich einer Früherkennung von möglichen neurodegenerativen Erkrankungen sollten Probanden bereits ab Werten unter  $25,4$  cm weiter

untersucht werden. Eine mögliche differenzierte Betrachtung bieten hier ebenfalls die Evaluation der verwendeten Bewegungsstrategien.

### **4.3 EINSCHÄTZUNG DES STURZRISIKOS**

In der hier gesichteten Literatur zeigen sich hinsichtlich der Einschätzung des Sturzrisikos anhand der funktionellen Reichweite unterschiedliche Ergebnisse, wobei die Einteilung der Gruppen eine wichtige Rolle dabei spielt. Auch in dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass bei der Betrachtung zwischen „Nicht-Stürzern“ und „Stürzern“ die Anzahl der Stürze entscheidend ist. Wird nur differenziert ob jemand in den letzten 24 Monaten gestürzt ist, unabhängig davon wie oft, zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang mit der funktionellen Reichweite. Die FRT ist damit nicht in der Lage einen einzelnen Sturz vorherzusagen oder das Risiko diesbezüglich einzuschätzen.

Vergleicht man jedoch die Probanden mit zwei und mehr Stürzen in den vergangenen Monaten mit den „Nicht-Stürzern“ so hat die Gruppe mit einer Reichweite unter 25,4 cm retrospektiv ein 1,8fach erhöhtes Risiko zu stürzen. Dies entspricht ca. den Ergebnissen von Duncan (Duncan, 1992). Somit kann aus den in dieser Arbeit ermittelten Ergebnissen bereits bei Probanden mit einem Durchschnittsalter von 65 Jahren ab einer Reichweite von 25,4 cm ein gegenüber Probanden mit einer höheren funktionellen Reichweite doppelt so hohes Risiko zu Stürzen postuliert werden.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des zunehmenden demographischen Wandels unserer Gesellschaft und des damit steigenden Alters der Menschen nehmen die chronischen Erkrankungen und, damit verbunden, die Belastungen für das Gesundheitssystem stark zu. Umso mehr sind Früherkennung und Risikoeinschätzungen mit anschließend gezielten therapeutischen Maßnahmen wichtige Strategien der medizinischen Forschung. Der in dieser Arbeit vorgestellte FRT stellt eine einfache Messmethode dar, der aufgrund stabiler Gütekriterien und einem etablierten Einsatzbereich einen Beitrag dazu leisten kann.

In dieser Arbeit wurden an einer großen Kohorte bereits in der Literatur berichtete Einflussfaktoren des Testes nochmals evaluiert, und neue, potentiell interessante Faktoren mitberücksichtigt. Zusätzlich wurde überprüft, ob eine Sturzrisikoeinschätzung entsprechend der Einteilung durch die Testbegründerin auch auf jüngere Probanden angewendet werden kann.

Es konnten zahlreiche Einflussfaktoren bestätigt und zudem weitere, besonders das muskuloskelettale System betreffende, Faktoren, die die Varianz des FRT erklären können, gefunden werden. Eine Differenzierung zwischen primär die Kognition betreffenden Faktoren und primär muskuloskelettale Einflüssen konnte jedoch in dieser Arbeit aufgrund des Studiendesigns nicht detailliert herausgearbeitet werden. Die hier betrachteten Faktoren beeinflussen sich mutmaßlich untereinander und zudem bleibt, bei etwa 30% aufgeklärter Varianz, ein großer Anteil, der durch in dieser Arbeit offensichtlich nicht berücksichtigte Parameter erklärt werden kann.

Im Hinblick auf den Nutzen des FRT für die Früherkennung von neurodegenerativen Erkrankungen kann damit keine abschließende Antwort gegeben werden. Aufgrund der bereits evaluierten zahlreichen Einflussfaktoren muss nach jeder Änderungen der funktionellen Reichweite zunächst jeder einzelne Einflussfaktor hinsichtlich Progress und Stabilität evaluiert werden, um im Anschluss Rückschlüsse auf die mögliche Abnahme der funktionellen Reichweite ziehen zu können.

Weitere Modifikationen des FRT könnten die Sensitivität und Spezifität für Erkennung von Gleichgewichtsstörungen, neurodegenerativen Erkrankungen und Prädiktion von Stürzen möglicherweise verbessern. Somit sollte ein zielgerichteter FRT etabliert werden, um die wirkliche funktionelle Reichweite am „limit of stability“ zu messen. Weiterhin ist die Evaluation der angewendeten Bewegungsstrategie und deren Änderung bei gleichbleibender funktioneller Reichweite mutmaßlich eine viel früher zu erkennende Veränderung, die bereits mögliche krankheitsbedingte körperliche Beeinträchtigungen aufzeigt. Die Bewegungsstrategie, die während des FRT angewendet wird, sollte daher erkannt und dokumentiert werden.

Hinsichtlich der Sturzrisikostratifizierung konnte in dieser Arbeit bei retrospektiver Betrachtung gezeigt werden, dass bei Probanden mit einem Durchschnittsalter von 65 Jahren bei einer funktionellen Reichweite von 25,4 cm und weniger die Wahrscheinlichkeit, in den vergangenen 24 Monaten zwei oder mehrmals gestürzt zu sein, um den Faktor 1,84 erhöht war. Damit weisen auch unsere Daten auf einen Zusammenhang zwischen verminderter FR und erhöhtem Sturzrisiko hin. Diese Ergebnisse bestätigen die von Duncan 1992 erhobenen Daten und zeigen, dass eine Anwendung der Cut-off-Werte auch bei im Mittel zehn Jahre jüngeren Probanden sinnvoll ist. Wichtig ist zu betonen, dass ein einzelner Sturz in 24 Monaten keinen Einfluss auf die funktionelle Reichweite hat und damit eine Evaluation des weiteren Risikos erst bei wiederholten Stürzen möglich ist. Hier könnte eine Analyse der Bewegungsstrategien hinsichtlich vorteilhafter versus risikobehafteter Bewegung ebenfalls hilfreich sein um ggf. eine verbesserte Sturzvorsage treffen zu können.

Schlussendlich kann mit dieser Arbeit eine umfassende Aussage über die möglichen Einflussfaktoren des FRT nicht getroffen werden, jedoch zeigt sie eindeutig das Potenzial des FRT und die möglichen Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen. Die Daten zur Evaluation der Bewegungsstrategien liegen bereits vor und sollten hinsichtlich ihres Einflusses auf den Test geprüft werden.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- Alenazi AM., et al.** Functional reach, depression scores, and Number of medications are associated with number of falls in people with chronic stroke [Artikel] // PM & R. - 2018. - 10(8). - S. 806-816.
- Almeida SIL., et al.** Home-based physical activity programmes for people with dementia: systematic review and Meta-Analyse [Artikel] // The Gerontologist. - 20. Dezember 2019.
- Almeida ST. et al.** Analysis of extrinsic and intrinsic factors that predispose elderly individuals to fall [Artikel] // Rev Assoc Med Bras (1992). - 2012. - 58(4). - S. 427-33.
- Alonso AC., et al.** Association between handgrip strength, balance, and knee flexion/extension strength in older adults [Artikel] // PloS One. - 1. Juni 2018. - 6 : Bd. 13.
- Andrew G.** Geriatric Physical Therapy [Buch]. - St. Louis : Mosby-Year Book, Inc., 1993.
- Štenc Bradvica I., et al.** Visual dysfunction in patients with Parkinson's disease and essential tremor [Artikel] // Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology. - Februar 2015. - Bd. 36(2). - S. 257-62.
- Behrman AL., et al.** Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with parkinson's disease? [Artikel] // Arch Phys Med Rehabil. - April 2002. - 83. - S. 538-42.
- Bennell KL., et al.** Update on the role of muscle in the genesis and management of knee osteoarthritis [Artikel] // Rheumatic diseases clinics of North America. - Februar 2013. - 1 : Bd. 39. - S. 145-76.
- Bento-Torres NV., et al.** Influence of schooling and age on cognitive performance in healthy older adults [Artikel] // Brazilin journal of medical and biological research. - März 2017. - 4 : Bd. 50.
- Berg D., et al.** Defining at-risk populations for Parkinson's disease: lessons from ongoing studies [Artikel] // Mov. Disord.. - 2012. - Bd. 27. - S. 656–65.

**Berg D., et al.** The PRIPS study: screening battery for subjects at risk for Parkinson's disease [Artikel] // European Journal of Neurology. - 2013. - 20. - S. 102-108.

**Berg K.** Balance and its measure in the elderly: A review [Artikel] // Physiotherapy Canada. - 1989. - 41(5). - S. 240-246.

**Berková M. and Berka, Z.** Falls: a significant cause of morbidity and mortality in elderly people [Artikel] // Vnitr Lek.. - 2018. - Bd. 64(11). - S. 1076-1083.

**Black FO., et al.** Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders [Artikel] // Progr Brain Res. - 1988. - 76. - S. 263-74.

**Bloem BR., et al.** Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. [Artikel] // Journal of Neurology. - November 2001. - 248(11). - S. 950-8.

**Bond JM., Morris M.** Goal-Directed Secondary Motor Tasks: Their Effects on Gait in Subjects with Parkinson Disease [Artikel] // Archives of physical medicine and rehabilitation. - Januar 2000. - 81. - S. 110-6.

**Brauer SG., et al.** A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers [Artikel] // J Gerontol A Biol Sci Med Sci. - 2000. - 55(8). - S. M469-76.

**Campbell AJ., et al.** Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 1989. - 44. - S. M112-17.

**Carneiro JA., et al.** Frailty in the elderly: prevalence and associated factors [Artikel] // Rev Bras Enferm.. - 2017. - 70(4). - S. 747-752.

**Cheng MH., Chang SF.** Frailty as a risk factor for falls among community dwelling people: Evidence from a Meta-Analysis [Artikel] // Journal of Nursing and Scholarship. - September 2017. - 49(5). - S. 529-536.

**Cherrier MM., et al.** Frontotemporal dementia versus vascular dementia: differential features on mental status examination [Artikel] // Journal of the American geriatrics society. - 1997. - Bd. 45(5). - S. 579-83.

**Cimbiz A. and Cakir, O.** Evaluation of balance and physical fitness in diabetic neuropathic patients [Artikel] // Journal of the diabetes complications. - 2005. - 19. - S. 160-4.

**Clark S., et al.** Comparison of Older Adult Performance during the Functional-Reach and Limits-of-Stability Tests [Artikel] // Journal of Aging and Physical Activity. - [s.l.] : Human Kinetics Publishers Inc., 2005. - 13. - S. 266-275.

**Contador I., et al.** Impact of literacy and years of education on the diagnosis of dementia: A population-based study [Artikel] // Journal of clinical and experimental neuropsychology. - März 2017. - 2 : Bd. 39. - S. 112-119.

**Daubney ME., Culham, EG.** Lower-Extremity Muscle Force and Balance Performance in Adults Aged 65 Years and Older [Artikel] // Journal of American Physical Therapy Association. - 1999. - 79. - S. 1177-1185.

**Davis J.W., et al.** Risk Factors for Falls and for Serious Injuries on Falling Among Older Japanese Woman in Hawaii [Artikel] // Journal of the American Geriatrics Society. - Juli 1999. - 47. - S. 792-8.

**Demura S-I. Yamada T.** Simple and easy assessment of falling risk in the elderly by functional reach test using elastic stick [Artikel] // Tohoku J. Exp. Med.. - 2007. - 213. - S. 105-111.

**Dennis RJ.** Functional reach improvement in normal older woman after Alexander Technique instruction [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 1999. - 54A(1). - S. M8-11.

**Dibble LE., Lange, M.** Predicting falls in individuals with parkinson disease: A reconsideration of clinical balance measures [Artikel] // Journal of Neurologic Physical Therapy. - 2006. - 30(2).

**Diener HC., et al.** Influence of stimulus parameters on human postural responses [Artikel] // Journal of Neurophysiology. - 1988. - 59. - S. 1888-905.

**Duncan PW., et a.** Functional Reach: A new clinical measure of balance [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 1990. - 6 : Bd. 45. - S. M192-197.

**Duncan PW., et al.** Functional Reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 1992. - 3 : Bd. 47. - S. M93-98.

**Eagle D.J., et al.** Comparison of Three Instruments in Predicting Accidenta Falls in Selected Inpatients in a General Teaching Hospital [Artikel] // Journal of gerontological nursing. - 1999. - Bd. 25. - S. 40-5.



**Fernie GR., et al.** The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects [Artikel] // Age and Ageing. - 1982. - 11. - S. 11-16.

**Fishbein P., et al.** A preliminary study of dual-task training using virtual reality influence on walking and balance in chronic poststroke survivors [Artikel] // J. stroke cerebrovasc. dis.. - November 2019.

**Franchignoni F., et al.** Reliability of four simple, quantitative tests of balance and mobility in healthy elderly females [Artikel] // Aging Clinical and Experimental Research. - 1998. - 1 : Bd. 10. - S. 26-31.

**Fried LP.** Interventions for human frailty, physical activity as a model [Artikel] // Cold Spring Harbor perspectives in medicine. - Juni 2016. - 6(6).

**Fried LP., et al.** frailty in older adults: evidence for a phenotype [Artikel] // Journal of Gerontology Series A Biological sciences and medical sciences. - März 2001. - 56(3). - S. M146-156.

**Gill-Body KM., Krebs, DE.** Locomotor stability problems associated with vestibulopathy: assessment and treatment [Artikel] // Physical therapy Pract. - 1994. - 4. - S. 232-45.

**Gillepsie LD., et al.** Interventions for preventing falls in older people living in the community [Artikel] // The Cochrane database of systematic reviews. - 2012. - Bd. 12(9).

**Giorgetti MM., et al.** Reliability of clinical balance outcome measure in the elderly [Artikel] // Physiotherapy Research International. - [s.l.] : Whurr Publishers Ltd., 1998. - 3(4).

**Granacher U., et al.** The Importance of Trunk Muscle Strength for Balance, Functional Performance, and Fall Prevention in Seniors: A Systematic Review [Artikel] // Sports medicine. - Juli 2013. - 43. - S. 627-41.

**Grimbergen YA., et al.** Falls in Parkinson's disease [Artikel] // Curr Opin Neurol. - August 2004. - 17(4). - S. 405-15.

**Harris-Love MO., et al.** The influence of Upper and lower extremity strength on performance-based sarcopenia assessment Tests [Artikel] // Journal of functional morphology and kinesiology. - Dezember 2018. - 4 : Bd. 3.

**Harrison AL.** The influence of pathology, pain, balance, and self-efficacy on function in women with osteoarthritis of the knee [Artikel] // Journal of the American Physical Therapy Association. - 2004. - 84. - S. 822-831.

**Hasmann SE., et al.** Instrumented functional reach test differentiates individuals at high risk for Parkinson's disease from controls [Artikel] // Aging Neuroscience. - 24. Oktober 2014.

**Heinrich S. et al.** Service use and costs of incident of femoral fractures in nursing home residents in Germany: the bavarian fall and fracture prevention project (BF2P2) [Artikel] // Journal of the American Medical Directors Association. - Juli 2011. - Bd. 12(6). - S. 459-66.

**Heinzel S., et al.** A neurodegenerative vascular burden index and the impact on cognition [Artikel] // Frontiers in Aging neuroscience. - 9. Juli 2014. - Bd. 6. - S. 161.

**Heinzel S., et al.** Age and Vascular Burden Determinants of Cortical Hemodynamics Underlying Verbal Fluency [Artikel] // PLoS One. - 2015. - Bd. 10(9).

**Herdmann SJ., et al.** Characteristics of postural stability in patients with aminoglycoside toxicity [Artikel] // Journal of Vestib Res. - 1994. - 4. - S. 71-80.

**Hill K., et al.** Falls among healthy, community-dwelling, older women: a prospective study of frequency, circumstances, consequences and prediction accuracy [Artikel] // Public Health. - Februar 1999. - 23(1). - S. 41-48.

**Hobert MA., et al.** Poor trail making test performance is directly associated with altered dual task prioritization in the elderly - Baseline results from the TREND study [Online] // PLoS ONE. - November 2011. - 2014. - www.plosone.org.

**Horak F.B.** Clinical measurement of postural control in adults [Artikel] // Journal of the American Physical Therapy Association. - 1987. - 67. - S. 1881-1885.

**Horak FB., et al.** Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss [Artikel] // Exp Brain Res. - 1990. - 82. - S. 167-77.

**Huang H-C., et al.** Assessing Risk of Falling in Older Adults [Artikel] // Public Health Nursing. - 2003. - 20(5). - S. 399-411.

- Hummel T., et al.** 'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold [Artikel] // Chem Senses. - 1997. - Bd. 22(1). - S. 39-52.
- Huntley J., et al.** Online assessment of risk factors for dementia and cognitive function in healthy adults [Artikel] // International journal of geriatric psychiatry. - Februar 2018. - 2 : Bd. 33. - S. e286-e293.
- Hurley MV.** The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis [Artikel] // Rheumatic diseases clinics of North America. - May 1999. - 2 : Bd. 25. - S. 283-98.
- Illiesca AM., et al.** Evaluating the effectiveness of aquatic therapy on mobility, balance, and level of functional independence in stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis [Artikel] // Clinical rehabilitation. - Januar 2020. - 1 : Bd. 34. - S. 56-68.
- Isaranuwatthai W., et al.** Cost-effectiveness analysis of a multifactorial fall prevention intervention in older home care clients at risk of falling [Artikel] // BMC Geriatrics. - September 2017. - 17. - S. 199.
- Jefferson AL., et al.** Beck depression inventory-II (BDI II) and the geriatric depression scale (GDS) in older women [Artikel] // Journal of clinical gerontologist. - September 2001. - 3-4 : Bd. 22. - S. 3-12.
- Jenkins ME., et al.** Predictive validity of the UPDRS postural stability score and the Functional Reach Test, when compared with ecologically valid reaching tasks [Artikel] // Parkinsonism and Related Disorders. - 2010. - 16. - S. 409-411.
- Johnston M., et al.** Measuring mobility in patients living in the community with Parkinson disease [Artikel] // Neurorehabilitation. - April 2013. - 32. - S. 957-66.
- Jonsson E., et al.** Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people [Artikel] // J Rehabil Med. - 2002. - 35. - S. 26-30.
- Kage H., et al.** Measuring methods for functional reach test: Comparison of 1-Arm reach and 2-Arm reach [Artikel] // Arch Phys Med Rehabil. - Dezember 2009. - 90. - S. 2103-2107.
- Kamata N., et al.** Overestimation of stability limits leads to a high frequency of falls in patients with Parkinson's disease [Artikel] // Clinical Rehabilitation. - 2007. - 21. - S. 357-361.

**Katz-Leurer M. et al.** Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke [Artikel] // Disability and Rehabilitation. - 2009. - 31(3). - S. 243-248.

**Kerr GK., et al.** Predictors of future falls in Parkinson disease [Artikel] // Neurology. - 2010. - 75. - S. 116-124.

**Knuchel S., Schädler, S.** Differenzialtests bei Gleichgewichtsstörungen: Drei Systeme in der Balance [Artikel] // physiotherapie. - 2004. - 11-12. - S. 28-31.

**Kraiwong R., et al.** Effect of sensory impairment on balance performance and lower limb muscle strength in older adults with type 2 diabetes [Artikel] // Annals of rehabilitation medicine. - August 2019. - 43 : Bd. 4. - S. 497-508.

**Lachmann ME., et al.** Fear of falling and activity restriction: The Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly (SAFFE) [Artikel] // Journal of Gerontology: Psychological Sciences. - 1998. - 53B. - S. P43-50.

**Lenahan ME., et al.** Relationship between education and age-related cognitive decline: a review of recent research [Artikel] // Psychogeriatrics. - Juni 2015. - 2 : Bd. 15. - S. 154-162.

**Levin MF., et al.** Use of the trunk for reaching targets placed within and beyond the reach in adult hemiparesis [Artikel] // Exp Brain Res. - 2002. - 143. - S. 171-180.

**Lewek MD., et al.** Quadriceps femoris muscle weakness and activation failure in patients with symptomatic knee osteoarthritis [Artikel] // Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society. - Januar 2004. - 1 : Bd. 22. - S. 110-5.

**Li F., et al.** Fear of Falling in elderly persons: Association with falls, functional ability, and quality of life [Artikel] // Journal of Gerontology: Psychological Sciences. - 2003. - 5 : Bd. 58B. - S. P283-290.

**Liao C-F., Lin S-I.** Effects of different movement strategies on forward reach distance [Artikel] // Gait & Posture. - 2008. - 28. - S. 16-23.

**Light KE., et al.** The functional reach test for balance: Strategies of elderly subjects with and without disequilibrium [Artikel] // Physical & Occupational Therapy in Geriatrics. - 1996. - 1 : Bd. 14.

**Lin M-R., et al.** A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers [Artikel] // Journal of the American Geriatrics Society. - 2007. - 55. - S. 499-506.

**Lin M-R., et al.** Psychometric Comparison of the Timed Up and Go, One-Leg Stand, Functional Reach, and Tinetti Balance Measures in community-dwelling older people [Artikel] // Journal of the American Geriatrics Society. - 2004. - 52. - S. 1343-1348.

**Lin SI., et al.** Association between sensormotor function and forward reach in patients with diabetes [Artikel] // Gait Posture. - 2010. - 581-85. - 32.

**Lin Y-H., et al.** A reliability study for Standing Functional reach test using modified and traditional rulers [Artikel] // Perceptual & Motor Skills: Physical Development & Measurement. - Februar 2012. - Bd. 115. - S. 512-20.

**Lorenz MV., et al.** Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima-media thickness: a systematic review and meta-analysis [Artikel] // Circulation. - 30. Januar 2007. - 4 : Bd. 115. - S. 459-67.

**Lynch S.M., et al.** Reliability of measurements obtained with a modified functional reach test in subjects with spinal cord injury [Artikel] // Journal of the American Physical Therapy Association. - 1998. - 78. - S. 128-133.

**Macdonald G.** Development of a social support scale: An evaluation of psychometric properties [Artikel] // Research on Social Work Practice. - 1998. - 8(5). - S. 564-576.

**Maetzler W., et al.** Digitomography in Parkinson's disease: a cross-sectional and longitudinal study. [Artikel] // PLoS One. - 22. April 2015. - Bd. 10(4).

**Maki BE., et al.** A prospective study of postural balance and risk of falling in ambulatory and independent elderly population [Artikel] // Journal of Gerontology Med. Sci.. - 1994. - 2. - S. M72-84.

**Mann GC., et al.** Functional reach and single leg stance in patients with peripheral vestibular disorders [Artikel] // Journal of Vestibular Research. - 1996. - 6(5). - S. 343-353.

**Maranesi E., et al.** Functional reach test: Movement strategies in diabetic subjects [Artikel] // Gait & Posture. - 2013. - September 8.

**Martins E.F., et al.** Reliability of the Functional Reach Test and the influence of anthropometric characteristics on test results in subjects with hemiparesis [Artikel] // Neurorehabilitation. - 2012. - 31. - S. 161-9.

**Mathias S., et al.** Balance in elderly patients the "Get-up and Go" test [Artikel] // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. - 1986. - Bd. 67. - S. 387-389.

**Metzger FG., et al.** Vagus somatosensory evoked potentials--a possibility for diagnostic improvement in patients with mild cognitive impairment? [Artikel] // Dementia and geriatric cognitive disorders. - 2012. - Bd. 33(5). - S. 289-96.

**Morley JE** Frailty, falls, and fractures [Artikel] // JAMDA. - März 2013. - 14(3). - S. 149-151.

**Morris M.E.** Movement disorders in people with parkinson disease: A model for physical therapy [Artikel] // Journal of the American Ohysical Therapy Association. - 2000. - 80. - S. 578-597.

**Morris ME., et al.** Stride length regulation in Parkinson's disease: Normalization strategies and underlying mechanisms [Artikel] // Brain. - 1996. - 119. - S. 551-568.

**Murphy MA., et al.** Screening for falls in community-dwelling elderly [Artikel] // J Aging Phys Act. - 2003. - 11. - S. 66-80.

**Nashner L.M.** Organization and programming of motor activity during posture control [Artikel] // Progress in brain Research. - 1979. - 50. - S. 177-84.

**Nevitt MC., et al.** Risk facotrs for recurrent nonsynkopal falls. A prospective study [Artikel] // JAMA. - 1989. - 261. - S. 2663-8.

**Newton RA.** Validity of the multi-directional reach test: A practical measure for limits of stability in older adults [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 2001. - 56A(4). - S. M248-252.

**O'Brien K., et al.** Clinical measures of balance in community-dwelling female fallers and non-fallers [Artikel] // Physiother Can. - 1998. - 50. - S. 212-21.

**Patla AE., et al.** Age-related changes in balance control system: initiation of stepping [Artikel] // Clin. Biomech.. - 1993. - 8. - S. 179-184.

**Portnoy S., et al.** Postural control of individuals with chronic stroke compared to healthy participants: Timed-up-and-Go, Functional reach test and center of

pressure movement [Artikel] // European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. - Oktober 2017. - 53(5). - S. 685-93.

**Ramírez Ramírez JU., et al.** Edmonton Frail Scale in Colombian older people. Comparison with the Fried criteria [Artikel] // Rev Esp Geriatr Gerontol. - 2017. - Bd. 52(6). - S. 322-325.

**Richter P., et al.** On the validity of the Beck Depression Inventory. A Review [Artikel] // Psychopathology.. - 1998. - Bd. 31(3). - S. 160-8.

**Rockwood K., et al.** Feasibility and measurement properties of the functional reach and the timed-up-and-go tests in the canadian study of health and aging [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 2000. - 55A(2). - S. M70-73.

**Rogers ME., et al.** Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly [Artikel] // Journal of Occupational Rehabilitation. - Dezember 2001. - 11(4). - S. 291-298.

**Rohit M., et al.** Education correction using years in school or reading grade-level equivalent? Comparing the accuracy of two methods in diagnosing HIV-associated neurocognitive impairment [Artikel] // Journal of the International Neuropsychological Society (JINS). - 2007. - Bd. 13(3). - S. 462-70.

**Roigk P., et al.** Long-term evaluation of Fidelity of a strength and balance training in long-term care facilities: The Bavarian fall and fracture prevention programm (BF2P2) [Artikel] // physioscience. - 2018. - Bd. 14(01). - S. 5-12.

**Rolfson DB., et al.** Validity and reliability of the Edmonton Frail Scale [Artikel] // Age and Ageing. - September 2006. - Bd. 35(5). - S. 526-9.

**Rosa MV. et al.** Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: A systematic review and meta-analysis [Artikel] // Archives of Gerontology and Geriatrics. - 2019. - 81. - S. 149-170.

**Russell MA., et al.** Falls risk and functional decline in older fallers discharged directly from emergency departments [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 2006. - 61A(10). - S. 1090-1095.

**Ryckewaert G., et al.** Self-perceived and actual ability in the functional reach test in patients with Parkinson's disease [Artikel] // Neuroscience Letters. - 2015. - 589. - S. 181-4.

**Santos NC., et al.** Clinical, physical and lifestyle variables and relationship with cognition and mood in aging: a cross-sectional analysis of distinct educational groups [Artikel] // *Frontiers in aging neuroscience*. - Februar 2014. - 6 : Bd. 24.

**Scena S., et al.** Computerized functional reach test to measure balance stability in elderly patients with neurological disorders [Artikel] // *J Clin Med Res*. - 2016. - 8(10). - S. 715-720.

**Schecklmann M., et al.** Functional near-infrared spectroscopy: a long-term reliable tool for measuring brain activity during verbal fluency [Artikel] // *Neuroimage*. - 2008. - Bd. 43(1). - S. 147-55.

**Scott V., et al.** Multifactorial and functional mobility assessment tools for fall risk among older adults in community, home-support, long-term and acute care settings [Artikel] // *Age and Ageing*. - 2007. - 36. - S. 130-139.

**Smarr KL. and Keefer, AL.** Measures of depression and depressive symptoms: Beck Depression Inventory II, Center for Epidemiologic Studies Depression scale, Geriatric Depression Scale, Hospital Anxiety and Depression Scale and Patient Health Questionnaire-9 [Artikel] // *Arthritis care & research*. - November 2011. - 11 : Bd. 63. - S. 454-66.

**Smith PS, et al.** Berg Balance Scale and Functional Reach: determining the best clinical tool for individuals post acute stroke [Artikel] // *Clinical Rehabilitation*. - November 2004. - 18(7). - S. 811-8.

**Smithson F.** Performance on Clinical Tests of Balance in Parkinson's Disease [Artikel] // *Physical therapy* . . - Juni 1998. - Volume 78, Number 6. - S. 577-92.

**Sousa N. and Sampaio J.** Effects of progressive strength training on the performance of the functional reach test and the timed get-up-and-go test in an elderly population from the Rural North of Portugal [Artikel] // *American journal of human biology*. - 2005. - 17. - S. 746-751.

**Spilg EG., et al.** Falls risk following discharge from a geriatric day hospital [Artikel] // *Clin Rehabil*. - Mai 2003. - 17(3). - S. 334-40.

**St. Louis EK., et al.** REM Sleep Behavior Disorder in Parkinson's Disease and Other Synucleinopathies [Artikel] // *Movement disorders: official journal of the movement disorders society* . - Mai 2017. - Bd. 32(5). - S. 645-658.



- Stiasny-Kolster K., et al.** The REM sleep behavior disorder screening questionnaire--a new diagnostic instrument. [Artikel] // *Mov. Disord.* - 2007. - Bd. 22. - S. 2386-93.
- Sun XY., et al.** Reliability and validity of depression scales of Chinese version: a systematic review [Artikel] // *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi.* - 10. Januar 2017. - Bd. 38(1). - S. 110-116.
- Tabue-Teguo M., et al.** Frailty in elderly: a brief review [Artikel] // *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil.* - Juni 2017. - Bd. 15(2). - S. 127-137.
- Tager IB. et al.** Reliability of physical performance and self-reported functional measure in an older population [Artikel] // *Journal of Gerontology: Medical Sciences.* - 1998. - 53A(4). - S. M295-300.
- Takahashi T., et al.** Modification of the functional reach test: Analysis of lateral an anterior functional reach in community-dwelling older people [Artikel] // *Archives of Gerontology an Geriatrics.* - 2006. - 42. - S. 167-173.
- Tedla JS., et al.** Referance values of functional and lateral reach test among the young saudi population: their psychometric properties and correlation with anthropometric parameters [Artikel] // *Med. Sci. Monit.* - 31. Juli 2019. - 25. - S. 5683-5689.
- Thapa PB., et al.** Clinical and biomechanical measures of balance as fall predictors in ambulatory nursing home residents [Artikel] // *Journal of Gerontology: Medical Sciences.* - 1996. - 51A(5). - S. M239-246.
- Thomas J. and O'Neal, S.** Relationship of functional reach test scores and falls in special olympics athletes [Artikel] // *Journal of Intellectual Disability Research.* - 2019.
- Thomas JI., et al.** A pilot study to explore the predictive validity of 4 measures of falls risk in frail elderly patients [Artikel] // *Arch Phys Med Rehabil.* - August 2005. - 86. - S. 1636-40.
- Tinetti ME., et al.** Risk factors for falls among elderly persons living in the community [Artikel] // *New England Journal of medicine.* - 1988. - 319(26). - S. 1701-1706.
- Tinetti ME., Speechley, M.** Prevention of falls among the elderly [Artikel] // *New Englang Journal of Medicine.* - 1989. - 132(5). - S. 1055-1059.

**Wallmann HW.** Comparison of elderly nonfallers and fallers on performance measures of functional reach, sensory organization and limits of stability [Artikel] // Journal of Gerontology: Medical Sciences. - 2001. - 56A(9). - S. M580-583.

**Waroquier-Leroy L., et al.** The functional reach test: strategies, performance and the influence of age [Artikel] // Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. - 2014. - 57. - S. 452-464.

**Weiner DK., et al.** Does Functional Reach improve with Rehabilitation [Artikel] // Archives of physical medicine and rehabilitation. - August 1993. - Bd. 74. - S. 796-800.

**Weiner DK., et al.** Functional reach: a marker of physical frailty [Artikel] // Journal of the American Geriatrics Society. - März 1992. - 40(3). - S. 203-7.

**Wernick-Robinson M., et al.** Functional Reach: Does it really measure dynamic balance [Artikel] // Archives of physical medicine and rehabilitation. - März 1999. - 80. - S. 262-9.

**Williams B., et al.** Real-Time fall risk assessment using functional reach test [Artikel] // International journal of Telemedicine and Application. - 2017.

**Wolfson L. I., et al.** Stressing the Postural Response - A Quantitative Method for Testing Balance [Artikel] // Journal of the American Geriatrics Society. - Dezember 1986. - 34. - S. 845-850.

**Yamada M. and Ichihashi N.** Predicting the probability of falls in community-dwelling elderly individuals using the trail-walking test [Artikel] // Environ Health Prev Med. - 2010. - 15. - S. 386-391.

**Yasemin Ö., et al.** Relationship between diabetic neuropathy and sarcopenia [Artikel] // Primary care diabetes. - Dezember 2019. - 6 : Bd. 13. - S. 521-528.

**Zhang H., et al.** Association between sarcopenia and metabolic syndrome in middle-aged and older non-obese adults: a systematic review and meta-analysis [Artikel] // Nutrients. - 16. März 2018. - 3 : Bd. 10.

## 7 TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1: DEMOGRAPHISCHE DATEN DER TREND (INKL. PRIPS –) PROBANDEN DER 1. FOLLOW – UP UNTERSUCHUNG .....	29
TABELLE 2: VERGLEICH DER TREND – UND PRIPS – KOHORTE DES 1. FOLLOW – UPS .....	29
TABELLE 3: ASSOZIATION ZWISCHEN FR [CM] UND EINFLUSSFAKTOREN AUS DER LITERATUR .....	31
TABELLE 4: ASSOZIATION ZWISCHEN FR [CM] UND WEITEREN – IN UNSERER KOHORTE POSTULIERTEN – MÖGLICHEN EINFLUSSFAKTOREN .....	33
TABELLE 5: ASSOZIATION ZWISCHEN FUNKTIONELLER REICHWEITE UND UNTERSUCHER .....	36
TABELLE 6: BERECHNUNG DES ERKLÄRTEN ANTEILS DER FUNKTIONELLEN REICHWEITE MITTELS LOGISTISCHER REGRESSION .....	37
TABELLE 7: ASSOZIATION DER IN DER LITERATUR POSTULIERTEN CUT-OFF-WERTE DES FR MIT DEN IN DER FACHLITERATUR POSTULIERTEN EINFLUSSFAKTOREN .....	38
TABELLE 8: ASSOZIATION DER IN DER LITERATUR POSTULIERTEN CUT-OFF-WERTE DES FR MIT WEITEREN – IN UNSERER KOHORTE POSTULIERTEN – MÖGLICHEN EINFLUSSFAKTOREN .....	39
TABELLE 9: BERECHNUNG DES RELATIVEN RISIKOS IM VERLAUF DER NÄCHSTEN ZWEI JAHRE ZU STÜRZEN .....	41

## 8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: BEISPIELHAFTE, GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER DURCHFÜHRUNG DES FRT. HIERBEI STELLT DIE 1. MARKIERUNG DEN STARTPUNKT DAR UND DIE 2. MARKIERUNG DEN ENDPUNKT. DIE DIFFERENZ AUS ZWEITER UND ERSTER MARKIERUNG ERGIBT DIE FUNKTIONELLE REICHWEITE. ....	26
ABBILDUNG 2: DIAGRAMM VERTEILUNG DER KATEGORISIERTEN, SIGNIF. EINFLUSSFAKTOREN ...	35

## 9 ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL

Die Arbeit wurde in der Klinik für Neurologie der Universitätsklinik Tübingen in der Abteilung für Neurologie mit dem Schwerpunkt für Neurodegeneration unter der Betreuung von Professor Dr. Walter Maetzler durchgeführt.

Die Konzeption und die Leitung der TREND-Studie erfolgte durch Frau Prof. Dr. Berg, Herr Prof. Dr. Eschweiler, Herr Prof. Dr. Fallgatter, Herr Prof. Dr. Maetzler, Frau Dr. Bockmann und Herr PD Dr. Metzger.

Sämtliche Versuche wurden nach Einarbeitung durch die Doktorandin Frau Sandra Elisabeth Hasmann von mir mit Unterstützung durch die Doktorandinnen Frau Carolin Bellut, Frau Franziska Ott und Frau Alexandra Gutfreund durchgeführt. Bei den Versuchen handelte es sich um die Durchführung der axialen motorischen Messungen inkl. des FRT. Darüber hinaus betreute ich zusammen mit den oben genannten Doktorandinnen die „Anamnese“ Station mit Erhebung des GDS, BDI und RBDSQ. Zusätzlich überführte ich einen Teil der Daten aus dem zweiten Follow up zur weiteren Auswertung in ein digitales Speichermedium.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Anleitung durch Frau Sandra Elisabeth Hasmann durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig nach Anleitung durch Herrn Prof. Dr. Walter Maetzler verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.