
Geriatrisches Assessment als Indikator für Stürze im Alter:

Ergebnisse der KORA Age Studie

Canan Cansu Selte



München 2021

Aus der der Medizinischen Klinik und Poliklinik IV

Forschungsgruppe Geriatrie

Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Martin Reincke

Geriatrisches Assessment als Indikator für Stürze im Alter:

Ergebnisse der KORA Age Studie

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Canan Cansu Selte

aus Essen

2021

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Michael Drey

Mitberichterstatter: PD Dr. Carla Sabariego

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 06.10.2021

Gewidmet meinen Eltern, in Liebe und Dankbarkeit.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| <i>Abkürzungsverzeichnis</i> | 7 |
| <i>Abbildungsverzeichnis</i> | 8 |
| <i>Tabellenverzeichnis</i> | 8 |
| <i>Einleitung</i> | 9 |
| Stürze im Alter | 9 |
| Leitlinien empfehlen das Geriatrische Assessment zur Sturzprävention im Alter | 10 |
| Relevanz einer effizienten Sturzprophylaxe | 10 |
| 1. Patientenbezogene Relevanz..... | 10 |
| 2. Gesundheits-Ökonomische Relevanz..... | 11 |
| Definition von Stürzen und Ätiologie | 12 |
| Risikofaktoren | 13 |
| Biologische Faktoren | 13 |
| Verhaltensbedingte Faktoren | 14 |
| Umgebungsbedingte Faktoren | 15 |
| Sozioökonomische Faktoren..... | 15 |
| Geriatrisches Assessment | 16 |
| Zielsetzung | 21 |
| Material und Methoden | 22 |
| KORA Age Kohorte | 22 |
| Abhängige und Unabhängige Variablen | 25 |
| Zielgröße Stürze..... | 25 |
| Gangparameter: Timed-Up-and-Go Test (TUG) und Ganggeschwindigkeit (GS) | 26 |
| Kraftparameter: Handkraft (HK) | 27 |
| Skeletal Muscle Index (SMI)..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| Frailty – Syndrom | 27 |
| Sarkopenie | 28 |
| Datenmanagement und Statistische Auswertung | 29 |
| <i>Ergebnisse</i> | 32 |
| Deskriptive Statistik des Teilnehmerkollektivs | 32 |
| Zusammenhang Stürze und Geriatrisches Assessment: Logistische Regressionsanalysen | 35 |
| Area Under the Curve (AUC) der Receiver Operating Characteristics (ROC)..... | 38 |
| Risikotabelle für TUG | 40 |
| <i>Diskussion</i>..... | 42 |
| <i>Zusammenfassung und Ausblick</i>..... | 54 |
| <i>Literatur</i> | 56 |
| <i>Danksagung</i> | 64 |
| <i>Eidesstattliche Versicherung</i> | 65 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|---|
| KORA | Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg |
| GA | Geriatrisches Assessment |
| SMI | Skelettal Muskel Index |
| GS | Ganggeschwindigkeit |
| HK | Handkraft |
| TUG | Timed-Up-and-Go |
| iTUG | Instrumented Timed-Up-and-Go |
| sTUG | Smartphone Timed-Up-and-Go |
| BMI | Body-Mass-Index |
| PASE | Physical Activity Score for the Elderly: Total Score |
| MAGIC | Manageable Geriatric Assessment |
| NICE | National Institute for Health and Care Excellence |
| DEGAM | Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin |
| EBM | Einheitlicher Bewertungsmaßstab |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Hausärztliches Assessment | 19 |
| Abbildung 2: KORA Age 1 und 2 Übersicht | 23 |
| Abbildung 3: Adjustierte ROC Kurven des Geriatrischen Assessments | 39 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Leistungsinhalte nach EBM, GOP 03360 (06/2015) | 17 |
| Tabelle 2: Übersicht Untersuchungsparameter | 24 |
| Tabelle 3: Telefoninterview KORA-Age 2 | 25 |
| Tabelle 4: Frailty Definition durch KORA Age..... | 28 |
| Tabelle 5: Baseline Charakterisierung der KORA-Age 2 Kohorte | 34 |
| Tabelle 6: Logistische Regressionsanalyse - Assoziation Stürze..... | 37 |
| Tabelle 7: Risikotabelle für TUG Test nach KORA Age 2 | 41 |

Einleitung

Stürze im Alter

Im Hinblick auf eine immer älter werdende Gesellschaft gewinnt der geriatrische Sektor an Bedeutung. Um den medizinischen Ansprüchen auch wirtschaftlich gerecht werden zu können, bedarf es effektiver und effizienter Präventionsmaßnahmen für geriatrische Patienten. Laut Angaben des Health Technology Assessment (HTA) Berichtes der Bundesrepublik Deutschland zum Thema Sturzprophylaxe bei älteren Menschen in ihrer persönlichen Wohnumgebung (Balzer, Bremer, Schramm, & Raspe, 2012) werden jährlich etwa 1,7 Millionen ältere Patienten wegen Verletzungen, Vergiftungen und anderen Folgen äußerer Ursache zur stationären Behandlung in Kliniken eingewiesen. Zwar gibt es keine repräsentative bevölkerungsweite Studie zur Häufigkeitsverteilung von Stürzen in Deutschland, jedoch ist bereits seit langem bekannt, dass das Risiko eines Sturzes mit dem Alter zu nimmt. Eine amerikanische Studie bestätigt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Sturzes (mind. 1-mal im Jahr zu stürzen) von 20 Prozent im jungen Erwachsenenalter, auf 35 Prozent im Alter von 65 Jahren oder älter ansteigt (Talbot, Musiol, Witham, & Metter, 2005).

Laut den National Institute for Health and Care Excellence (NICE) Guidelines aus England, haben Menschen ab 65 Jahren ein 30 %-iges Risiko mindestens einmal im Jahr zu stürzen. Die Inzidenzrate erhöht sich im Alter von 80 Jahren auf 50 Prozent (NICE, 2013). Neben den gesundheitlichen und psychischen Folgen, die ein Sturzereignis mit sich bringt, dem Verlust an Lebensqualität, Verlust der Unabhängigkeit, Schmerzen, Verletzungen bis hin zur Mortalität, entstehen zudem hohe Kosten im Gesundheitswesen.

Leitlinien empfehlen das Geriatrische Assessment zur Sturzprävention im Alter

Es gibt immer mehr Präventionsmaßnahmen, die sich der Sturzprophylaxe und der Nachsorge von gestürzten Patienten widmen. Im deutschsprachigen Raum dient die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM) ‚Ältere Sturzpatienten‘ (Bergert et al., 2018) als Orientierungshilfe für Hausarztpraxen. Auch populationsspezifische Leitlinien wie für Patienten mit Osteoporose (Awmf, 2010) beschäftigen sich mit der Prävention von Sturzereignissen. Letztere weist explizit darauf hin, dass das Geriatrische Assessment zur Sturzprävention im Alter verwendet werden soll (Awmf, 2010). Im anglistischen Sprachraum empfiehlt die NICE (National Institute for Health and Care Excellence) neben einer routinemäßigen Befragung nach Häufigkeit, Kontext und Merkmalen der Stürze zusätzlich ein Assessment zur Beurteilung einer Sturzgefährdung durchzuführen. Dieses soll Gleichgewichts- und Gangdefizite aufdecken.

Relevanz einer effizienten Sturzprophylaxe

1. Patientenbezogene Relevanz

Das biologische Alter nimmt zwar Einfluss auf das Sturzrisiko, jedoch haben Faktoren wie der Gang oder die Balancefähigkeit nachweislich einen starken Zusammenhang zum Auftreten eines Sturzes (Ganz, 2015). Weitere Studien belegen zusätzlich, dass sie Sturzangst einen entscheidenden Einfluss auf das Sturzrisiko nimmt. Sturzangst, bedingt durch das vorherige Auftreten eines Sturzereignisses, führt zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit eines erneuten Sturzes (Guard, 2004). Neben den hohen Kosten im Gesundheitswesen, führen

Sturzereignisse zu schweren gesundheitlichen und psychischen Folgen, dem Verlust an Lebensqualität, Schmerzen bis hin zur Mortalität (NICE, 2013).

2. Gesundheits-Ökonomische Relevanz

In diesem Kontext steht die gesundheitsökonomische Bedeutung eines frühzeitigen Assessments zur Risikobeurteilung außer Frage, um Stürze im Alter frühzeitig zu verhindern und kostenintensive Verletzungsfolgen zu vermeiden. Dem NHS (National Health Service) zufolge belaufen sich diese Kosten im Vereinigten Königreich auf 2.3 Millionen jährlich. Schätzungen aus den Vereinigten Staaten sprechen von etwa 20 Milliarden US-Dollar.

Es bleibt die Frage, welches Instrument und Verfahren aufgrund seiner diagnostischen Genauigkeit und der klinischen Effektivität am besten dazu geeignet ist. Die vorliegende Arbeit widmet sich der Prüfung und Gegenüberstellung der Basisparameter Ganggeschwindigkeit, Timed-up-and-Go (TUG), Handkraft, Skeletal-Muscle-Index (SMI) sowie der Parameter Sarkopenie und Frailty im Rahmen des Geriatriischen Assessments. Forschungsgrundlage bildet die epidemiologische Studienorte der Forschungsplattform KORA (Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg).

Definition von Stürzen und Ätiologie

Aufgrund der vielseitigen Ursachen eines Sturzes, gibt es derzeit keine allgemeingültige und anerkannte Definition von Stürzen. Dies führt in erschwerender Weise dazu, dass die bisher vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Stürzen nur eingeschränkt miteinander vergleichbar sind. Die Arbeitsgruppe der Prevention of Falls Network Europe (ProFaNE) empfiehlt die Verwendung nachfolgender Definition:

„A fall should be defined as ,an unexpected event in which the participants come to rest on the ground, floor, or lower level‘; (Lamb, Jørstad-Stein, Hauer, & Becker, 2005)

Auf Grundlage dieser Definition lässt sich der Sturz zum einen als unerwartet beschreiben, der mit einem Verlust der Balance und fehlender angemessener Korrektur einhergeht und zum anderen die Fallhöhe bzw. das Auftreffen auf eine Ebene keine ausschlaggebende Rolle spielt. Der Gleichgewichtsverlust kann durch unterschiedliche Risikofaktoren bedingt sein, ausschlaggebend ist die reaktive Fähigkeit der stürzenden Person, die dann zum Sturzereignis führt.

Risikofaktoren

In der Literatur finden sich unzählige Einteilungsmöglichkeiten für Faktoren, die einen Sturz auslösen können, wie extrinsisch, intrinsisch, synkopal oder lokomotorisch (Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V., 2004). Zur schematischen Übersicht eignet sich die Einteilung der WHO in 4 Sturzrisikogruppen (Guard, 2004):

1. Biologische Faktoren
2. Verhaltensbedingte Faktoren
3. Umgebungsbedingte Faktoren
4. Sozioökonomische Faktoren

Eine klare Abgrenzung der einzelnen Gruppen ist dessen ungeachtet schwierig, da ein Sturz oft nicht monokausal, sondern multifaktoriell bedingt auftritt.

Biologische Faktoren

Hierzu zählen das Geschlecht, das biologische Alter und damit verbundene Funktionseinschränkungen, chronische Erkrankungen wie Multiple Sklerose, Morbus Parkinson oder Osteoarthritis, die letztendlich zu einer Abnahme der Reaktionsfähigkeit des Körpers führen und sturzbegünstigend wirken. Diese Risikoklasse ist dennoch nur bedingt von klinischer Relevanz, da im Rahmen der Sturzprophylaxe insbesondere die Risikofaktoren von Bedeutung sind, die im Rahmen der Prophylaxe modifiziert werden können. So nimmt das Alter zwar Einfluss auf das Sturzrisiko, aber Faktoren wie der Gang oder die Balancefähigkeit haben nachweislich einen stärkeren Zusammenhang zum Auftreten eines Sturzes (Ganz, 2015). Somit ist das Alter alleine zur Vorhersage eines Sturzereignisses ungeeignet (Ganz, 2015). In Bezug auf das Geschlecht, sind die bisherigen Studien sehr widersprüchlich. Entscheidend scheinen

Kompetenzen wie die Wahrnehmung und Verarbeitung visueller, propriozeptiver und vestibulärer Reize, die eine neuromuskuläre Reaktion ermöglichen (McInnes, Gibbons, & Chandler-Oatts, 2005). Nur so gelingt die Synthese einer koordinierten Bewegung. Heute weiß man auch, dass sowohl die kognitive als auch affektive Faktoren das Risiko beeinflussen können. Menschen mit einer Demenz stürzen häufiger, ebenso Menschen mit einer Depression. Als Ursache wird der Zusammenhang zwischen Bewegungsfreiheit und Gefahrenkognition diskutiert (Scott, Votova, Scanlan, & Close, 2007).

Verhaltensbedingte Faktoren

Ältere Patienten, die gleichzeitig vier oder mehr Medikamente einnehmen, stürzen signifikant häufiger (Ganz, 2015)(Hartikainen, Lönnroos, & Louhivuori, 2007)(Ziere et al., 2006). Hierzu zählen vor allem Psychopharmaka, Sedativa, Hypnotika aber auch Herz-Kreislauf-Medikamente oder Diuretika (McInnes et al., 2005)(World Health Organization, 2004). Ein gesteigertes Sturzrisiko lässt sich vor allem in der Gruppe der psychotropen Medikamente wie Antidepressiva, Benzodiazepine, Hypnotika oder Sedativa wie auch Anxiolytika und Neuroleptika verzeichnen (World Health Organization, 2004). Studien belegen, dass die Sturzangst einen entscheidenden Einfluss auf das Sturzrisiko nimmt. Sturzangst, bedingt durch das vorherige Auftreten eines Sturzereignisses, führt zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit eines erneuten Sturzes (World Health Organization, 2004). Somit spielt die Ermittlung der Sturzanamnese eine zentrale Rolle im Rahmen der Sturzprophylaxe. Ältere Menschen, die bereits Sturzerfahrung haben, haben einen unsicheren Gang, Bewegungseinschränkungen oder Balanceschwierigkeiten (World Health Organization, 2004). Externe Einflüsse wie unsachgemäße Kleidung, falsches Schuhwerk, Gehilfen/Gehstöcke oder der exzessive Konsum von Alkohol spielen eine untergeordnete Rolle (Lindemann et al., 2003).

Umgebungsbedingte Faktoren

In dieser Risikoklasse ist die wissenschaftliche Grundlage sehr gering. Hierunter fallen Gefahrenquellen wie unzureichende Beleuchtung, Treppen mit unzureichender Sicherung oder die Bodenbeschaffenheit (NICE, 2013).

Sozioökonomische Faktoren

Gemeint sind Einflussfaktoren wie ein eingeschränkter Zugang zu Gesundheitsleistungen, schlechte Wohnbedingungen oder der Bildungsstatus. Ähnlich wie in Gruppe 3 ist die Evidenzlage nur gering erforscht (NICE, 2013).

Geriatrisches Assessment

Das Geriatrische Assessment dient zur ganzheitlichen Erfassung und Dokumentation altersbedingter Defizite. Hierbei werden organmedizinische, kognitive, psychische, soziale und sozioökonomische Kriterien erfasst. Ziel ist es die Ressourcen älterer und multimorbider Menschen festzustellen, und ggf. Indikation für weitere Diagnostik und notwendiger Behandlungsmaßnahmen zu liefern. Zusätzlich eignet es sich zum Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen Fachdisziplinen.

Das Geriatrische Assessment (GA) nach AGAST (=Arbeitsgruppe Geriatrisches Assessment, 1995) umfasst nachfolgende Aspekte:

- Geriatrisches Screening (SCR) nach Lachs et al. durch einen Arzt
- Barthel Index (BI) (Alltagsaktivitäten) durch eine Pflegekraft
- Geldzähltest (Selbsthilfefähigkeit) durch einen Ergotherapeuten (veraltet; da durch DM-Währung geeicht)
- Handkraftmessung (HK) durch einen Arzt oder einen Ergotherapeuten
- Mini-Mental-State Examination (MMSE) (Kognition) durch einen Ergotherapeuten oder Psychologen
- Timed-Up-and-Go Test (TUG) (Mobilität) durch einen Arzt oder einen Physiotherapeuten
- Mobilitätstest ‚Balance&Gait‘ (TIN) nach Tinetti et al. durch einen Physiotherapeuten
- Geriatrische Depressionsskala (GDS) durch einen Ergotherapeuten oder Psychologen
- Clock Completion Test (CC)

- Sozialstatus (SoS) nach Nikolaus et al in mindesten 5 Bereichen (soziales Umfeld, Wohnumfeld, Aktivitäten, Pflegebedarf, rechtliche Verfügung) durch einen Sozialdienst

Seit April 2003 ist das Geriatrie Basisassessment in den Leistungskatalog der hausärztlichen Tätigkeit aufgenommen worden, und kann seit 2013 auch außerhalb der Regelleistung abgerechnet werden. Die Gebührenposition im Leistungskatalog untergliedert sich in obligatorische und fakultative Leistungsinhalte (Junius-Walker & Krause, 2016).

| Obligatorische Leistungsinhalte | Fakultative Leistungsinhalte |
|--|--|
| <p>1. Erhebung und/oder Monitoring organbezogener und übergreifender motorischer, emotionaler und kognitiver Funktionseinschränkungen</p> <p>2. Beurteilung der Selbstversorgungsfähigkeiten mittels standardisierter, wissenschaftlich validierter Testverfahren (z.B. Barthel-Index, IADL nach Lawton/Brody, geriatrisches Screening nach Lachs)</p> <p>3. Beurteilung der Mobilität und Sturzgefahr durch standardisierte Testverfahren (z.B. Timed-Up-and-Go Test (TUG), Esslinger Sturzrisikoassessment)</p> | <p>1. Beurteilung von Hirnleistungsstörungen mittels standardisierter Testverfahren (z.B. Mini-Mental-State-Test)</p> <p>2. Anleitung zur Anpassung des familiären und häuslichen Umfeldes an die ggf. vorhandene Fähigkeits- und Funktionsstörung</p> <p>3. Anleitung zur Anpassung des Wohnraumes</p> |

Tabelle 1: Leistungsinhalte nach EBM, GOP 03360 (06/2015)

In einer Meta-Analyse von 2008 konnte Beswick et al. zeigen, dass ein ungezieltes Assessment im Hinblick auf die heterogene Vielfalt der in der hausärztlichen Praxis zu betreuenden Patienten, nur geringen bis mäßigen Nutzen zur Sturzprävention bietet. (Beswick et al., 2008).

Aufgrund des hohen Patientenaufkommens von schätzungsweise 12,5 Millionen älterer Patienten über 70 Jahre, ist ein geriatrisches Basisassessment, wie es auf stationärer Grundlage in der Klinik durchgeführt wird, sowohl personell als auch finanziell nicht umsetzbar (Junius-Walker & Krause, 2016). Während in der Klinik viele Fachdisziplinen zur Durchführung des GA zur Verfügung stehen, sind in der Hausarztpraxis lediglich der behandelnde Arzt sowie seine Medizinischen Fachangestellten für die Älteren Patienten verantwortlich. Eine niedersächsische Studie aus Hannover konnte in einer Online Umfrage zur am häufigsten benutzten Testverfahren zeigen, dass Hausärzte zur Einschätzung der Selbsthilfefähigkeit den Barthel-Index (80.2%), zur Einschätzung der Mobilität und Sturzgefahr den Timed-Up-and-Go Test (79.3%) und zur Beurteilung der Kognition den Uhrentest (79.3%) oder den Mini-Mental-State-Test (77.6%) verwenden. Das Assessment dauerte durchschnittlich 10 bis 30 Minuten und wurde oft von Medizinische Fachangestellte durchgeführt. (Theile, Winter, Hummers-Pradier, & Junius-Walker, 2012).

Angelehnt an das Geriatrische Assessment hat die Hessische Leitliniengruppe im Mai 2018 eine Orientierungs- und Entscheidungshilfe für die Hausärztliche Versorgung veröffentlicht, die Handlungsempfehlungen für die Anwendung des GA zusammenfasst (Bergert et al., 2018). In Form eines Manageable Geriatric Assessment (MAGIC) werden 9 Bereiche abgedeckt, die die typischen Behandlungsaufgaben im geriatrischen Sektor berücksichtigen. Die Leitliniengruppe empfiehlt, eine Vorauswahl durch Signalfragen im Wartezimmer zu treffen. ‚Fühlen Sie sich voller Energie?‘ ‚Haben Sie Schwierigkeiten eine Strecke von 400m zu gehen?‘ (Bergert et al., 2018). Voraussetzung für den Einschluss in das GA bilden nachfolgende Einschlusskriterien:

- ab (vollendetem) 70. Lebensjahr
 - Geriatrie-typische Morbidität (1 Symptom und/oder Pflegestufe/Pflegegrad)
- Mobilitätsstörung, Fallneigung und ‚Altersschwindel‘

Beeinträchtigung der Kognition

Frailty-Syndrom

Dysphagie

Inkontinenz

Schmerzsyndrom

Vorliegen von dementiellen Erkrankungen, Alzheimer oder Parkinson Syndrom

Die KORA Studie konnte in der Vergangenheit bereits zeigen, dass eine Vielzahl der über 70-Jährigen als ‚fit‘ und autonom einzustufen sind. Rund 65% der 70-79-Jährigen und 28% der über 80-Jährigen besitzen keine Alltagseinschränkungen (Strobl, Müller, Emeny, Peters, & Grill, 2013). Dies deutet bereits darauf hin, dass eine genaue Abgrenzung der Zielgruppe für das GA von entscheidender Bedeutung ist, um effiziente Ergebnisse aus dem GA ziehen zu können.

Durchführung des hausärztlichen Assessments für Patienten ab 70 Jahren in der Hausärztlichen Praxis:

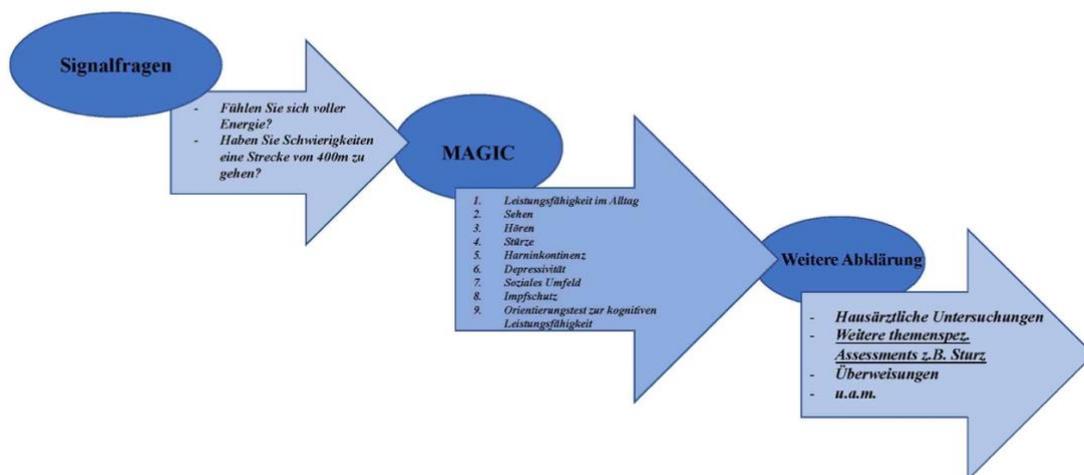


Abbildung 1: Hausärztliches Assessment

(in Anlehnung an Berger et al., 2018)

Die Leitliniengruppe empfiehlt, einen Screening Test durchzuführen, um die geeignete Zielgruppe besser identifizieren zu können. Somit können robuste, fitte Patienten von Gebrechlichen (Patienten mit ‚Frailty‘) besser abgegrenzt werden. Als gut durchführbar und wenig aufwendig haben sich der FiND-Test (Frail Non-Disabled) (Cesari et al., 2014) und SOF-Index (Study of Osteoporotic Fractures) bewährt (Bilotta et al., 2012) erwiesen. Der FiND-Test liefert einen Summenscore, der mittels 5 Testfragen einen Punktwert erzielt, und Patienten in robust, disabled und frail aufteilt. Der SOF-Index beschreibt durch 2 Selbstauskunftsfragen mit einem Summenscore von 0 bis 2 oder mehr, inwiefern ein Patient als robust, prefrail oder frail einzustufen ist. Anhand dieser Vorauswahl können weitere Schritte eingeleitet werden. Das sich anschließende strukturierte Assessment beinhaltet die nachfolgend aufgeführten 9 Bereiche:

Leistungsfähigkeit im Alltag, Sehen, Hören, Stürze, Harninkontinenz, Depressivität, soziales Umfeld, Impfschutz, Orientierungstest zur kognitiven Leistung (Uhrentest)

Hierbei geht es vor allem darum, sich auf die typischen Probleme im Alter zu konzentrieren, die im Alltag älterer Patienten eine relevante Rolle spielen und zu Einschränkungen im täglichen Leben führen können. Die durch das Assessment aufgedeckten Probleme sollen dann diagnostisch vertieft und anschließend weitere Maßnahmen eingeleitet werden (Bergert et al., 2018).

Der Problemhintergrund Stürze wird in der MAGIC Frage 4 thematisiert. Die Leitlinie empfiehlt, zunächst nach der Häufigkeit von Stürzen zu fragen: ‚Sind Sie in den letzten 6 Monaten gestürzt? Wie oft sind Sie gestürzt?‘ (Bergert et al., 2018). Als mögliche Antwortkriterien stehen ‚nicht gestürzt oder nur einmal‘ oder ‚zweimal oder mehr‘ zur Verfügung. Gibt der Patient an ‚zweimal oder mehr‘ gestürzt zu sein, sollen weitere Maßnahmen eingeleitet werden. In Bezug auf den bereits erwähnten EBM (Einheitlicher Bewertungsmaßstab) Leistungskatalog, muss sich der behandelnde Arzt nun obligatorisch für ein standardisiertes Testverfahren zur Beurteilung der Sturzneigung und Mobilität entscheiden.

Die MAGIC Leitlinie empfiehlt, weitere anamnestische Fragen zu stellen. Hierzu zählen Fragen zur genauen Sturzanamnese wie Uhrzeit und Aktivität unmittelbar vor dem Sturz, die Medikamenteneinnahme, eventuelle bereits vorherrschende Einschränkungen im täglichen Leben, Vorliegen von Sturzangst, Harninkontinenz, chronische Erkrankungen inkl. eines internistisch-kardiovaskulären und neurologischen Status, vorliegende augenärztlich abgeklärte Defizite sowie Blutbilder.

Zur weiteren Eingrenzung des Risikos ist ein Testverfahren zur Mobilitätsbeurteilung wie der Romberg-Test, Tandem-Test oder Timed-Up-and-Go Test notwendig. Hier liegt es im Ermessen des Arztes, für welche Testvariante er sich entscheidet und es gibt diesbezüglich bislang noch keine konkrete Empfehlung. Anschließend werden weitere Präventionsmaßnahmen eingeleitet.

Zielsetzung

In dieser Arbeit sollen auf Grundlage von Daten der bevölkerungsbasierten Populationsstudie aus der Region Augsburg (KORA Age) der Zusammenhang zwischen dem geriatrischen Assessment und Stürzen untersucht werden und einzelne Testverfahren wie der Timed-Up-and-Go Test, die Ganggeschwindigkeit sowie Handkraft im Zusammenhang zu den Sturzereignissen ausgewertet werden. Ziel ist es, konkrete Empfehlungen für den hausärztlichen Alltag zu geben, die als praktikable Entscheidungshilfe für die Beurteilung des Sturzrisikos dienen.

Material und Methoden

KORA Age Kohorte

Die 1996 errichtete Forschungsplattform KORA (Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg) beschäftigt sich mit bevölkerungsbezogenen Gesundheitsfragen, die nach Determinanten und Folgen von Multimorbidität im Alter sowie nach Faktoren des erfolgreichen Alterns bei über 65-Jährigen sucht. Die Studie umfasst 9197 Studienteilnehmer, die 1943 oder früher geboren wurden und in der Region Augsburg an 4 unabhängigen Erhebungen zwischen 1984 und 2001 teilnahmen (A. Peters et al., 2011). Auf dieser Studienbasis wurden weitere Verbundprojekte in den anschließenden Jahren durchgeführt.

Die hier zugrundeliegende alters- und geschlechterstratifizierte Teilstichprobe (KORA-Age 1) umfasst 1079 Teilnehmer, die 2009 einer körperlichen Untersuchung (u.a. Ganggeschwindigkeit, Handkraft, Timed-Up-and-Go (TUG), Frailty/Sarkopenie) unterzogen wurden. Die Mobilität der Teilnehmer wurde durch geschulte Untersucher bestimmt. Ein weiteres Follow-Up (KORA-Age 2) erfolgte 3 Jahre später (2012). Auf Basis der Age 1 Kohorte (N=1079) wurde 2011 eine Adressrecherche zur Statusermittlung der Studienpopulation durchgeführt. Diese ergab, dass 74 Probanden verstorben, 3 verzogen und 2 ein Kontaktverbot ausgesprochen hatten. Folglich konnten 2012 1000 Teilnehmer zur Follow – Up Erhebung eingeladen werden. Die Teilnehmerrate lag bei 84.3%, woraus sich eine neue Teilkohorte (Age 2) von 822 Studienteilnehmer zusammensetzte. Die Teilnehmer wurde dann einem Telefoninterview unterzogen. Im Rahmen des Interviews wurden die Sturzereignisse der letzten 12 Monate erfasst.

In der zweiten Förderphase des Projektes ging es vor allem um die Erforschung des Alterns und Vorbeugung der Gebrechlichkeit im Alter. In Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern des Helmholtz Zentrums Münchens, der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), der Technischen Universität München (TUM), der Universität Ulm sowie dem Klinikum Augsburg wurden sieben Teilprojekte (TPs) erarbeitet.

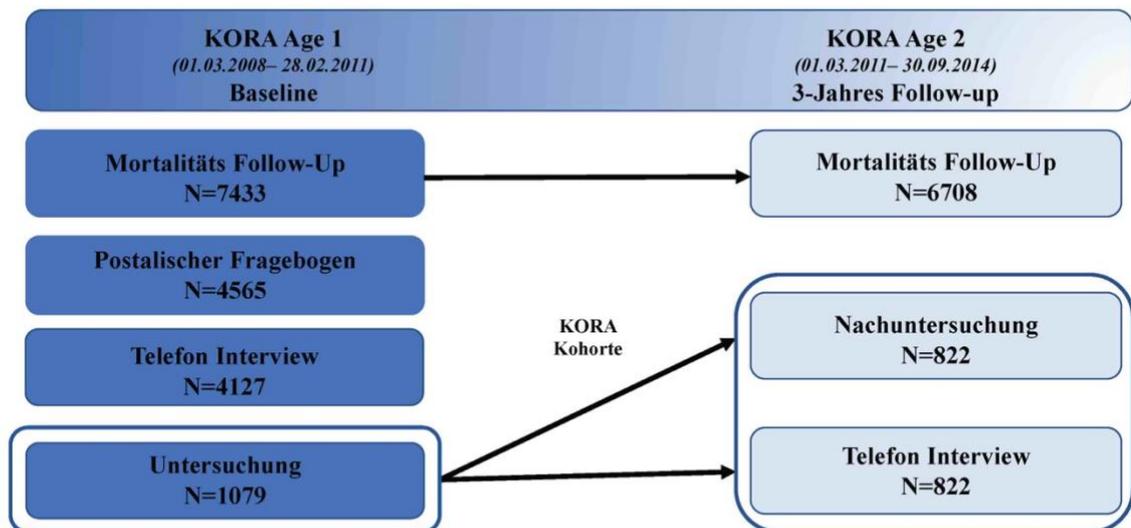


Abbildung 2: KORA Age 1 und 2 Übersicht
(in Anlehnung an Annette Peters et al., 2015)

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung wurden folgende für diese Arbeit relevante Parameter erhoben:

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Blutabnahme | Blutabnahme im Sitzen, nicht nüchtern, Serum, Plasma, Vollblut, Lagerung tiefgefrorener Materialien | |
| Anthropometrie | Körpergröße, -gewicht, Taillen-, Hüft-, Oberarm-, und Wadenumfang, BMI | Plattformwaage SECA 635, Messlatte SECA 242, Maßband SECA 201 |
| Bioimpedanzanalyse | Körperfettanteil (%), Fettfreie Masse (kg), Körperfett (kg) | BIA 2000-S, DATA-INPUT GmbH |
| Greifkraftmessung | 3 Messungen an dominanter Hand (kg) | Hand-Dynamometer JAMAR, Saehan Corp. |
| Ganganalyse | Laufzeit (s), Kadenz (Schritte*min ⁻¹), Schrittlänge, Schrittdauer, Geschwindigkeit (cm*s ⁻¹) | Gangmatte GAITRite Platinum 6m (4,8m Messbereich), CIR Systems, Inc. |
| Ultraschall der Ferse | Schallgeschwindigkeit, Breitbandultraschallabschwächung, Steifigkeitsindex | Achilles Insight, GE Healthcare |

Tabelle 2: Übersicht Untersuchungsparameter

Im (Telefon-)Interview wurden folgende Inhalte dokumentiert:

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Körperliche Aktivität | Körperliche Aktivität aus 4 Bereichen: Beruf/Haus/-/Gartenarbeit, sitzende Tätigkeiten und Freizeit | Physical Activity Score for the Elderly: Total Score |
| Multimorbidität | 19 häufige Erkrankungen | Fragebogenversion des Charlson-Comorbidity-Index |

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| Ernährung | Gewichtsveränderungen, Auslassen von Mahlzeiten, Schluckbeschwerden, Verzehr von Obst und Gemüse, Flüssigkeitsaufnahme | Deutsche Kurzform des SCREEN-II-Fragebogen; Ernährungsscore |
| Gleichgewicht/Stürze | Stürze und Gleichgewicht | Übersetzung der NHANES-Fragen |

Tabelle 3: Telefoninterview KORA-Age 2

Auf Basis der KORA-Age 1 Kohorte wurde unter Teilprojektleitung durch Frau PD Dr. Barbara Thorand (Institut für Epidemiologie II, HMGU) im Teilprojekt TP-B Frailty eine Nachuntersuchung durchgeführt. Ziel war es, die Prävalenz und Determinanten der einzelnen Komponenten und Konsequenzen von Gebrechlichkeit im Alter besser zu verstehen (Annette Peters, 2015). Da das Risiko für Stürze und Knochenbrüche im Alter ansteigt, wurde auf Grundlage der erhobenen Daten vertiefende Untersuchungen zum Zusammenhang Sturz und Geriatrisches Assessment durchgeführt.

Abhängige und Unabhängige Variablen

Zielgröße Stürze

Angelehnt an den Fragebogen der NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey, 2003) des US National Center of Health Statistics, wurde das Outcome Stürze im Rahmen des Telefoninterviews zum Zeitpunkt 2012 mit der Fragestellung „Sind Sie in den letzten 12 Monaten gestürzt?“ erhoben. Als Antwortmöglichkeiten standen den Teilnehmern „Ja, einmal“, „Ja, mehrmals“ oder „Nein“ zur Verfügung. Nach Dichotomisierung der Variable

in „Ja, einmal oder mehrmals“ und „Nein“ wurden nach Erstellung einer Baseline Charakterisierung, die Assoziation zum GA in logistischen Regressionsmodellen ausgewertet.

Gangparameter: Timed-Up-and-Go Test (TUG) und Ganggeschwindigkeit (GS)

Die Gangparameter TUG und Ganggeschwindigkeit wurden im Zuge der körperlichen Untersuchung 2009 mit der Gangmatte GAITRite System des Herstellers CIR Systems, Inc. erhoben. Das klinisch validierte Ganganalysesystem misst mittels in einer Gangmatte eingebetteten elektronischen Drucksensoren in einem Bereich von 488x61 cm die zeitlichen und räumlichen Parameter und berechnet die Geschwindigkeit. Die Teilnehmer wurden gebeten, den Gang in ihrem üblichen Tempo zu gehen. Die Start- und Haltepunkte wurden auf dem Boden gekennzeichnet. Den Teilnehmern war es gestattet einen Testlauf durchzuführen. Sie wurden aufgefordert über die Markierungspunkte hinaus zu gehen, um ein mögliches Abbremsen zu vermeiden. (Annette Peters, 2015).

Timed-Up-and-Go Test (TUG)

Der Timed-Up-and-Go Test ist ein Performancetest zur Beurteilung der Mobilität. Teilnehmer müssen aus dem Sitz aufstehen, 3 Meter hin und zurück gehen und sich wieder hinsetzen. Dies geschieht ohne Fremdhilfe, Hilfsmittel hingegen sind dennoch erlaubt (z.B. Gehstock oder Gehilfe). Die TUG-Zeitmessung erfolgt in Sekunden.

Ganggeschwindigkeit (GS)

Die Ganggeschwindigkeit wurde in ‚normaler‘ Gangart bestimmt, die Geschwindigkeit wurde in Zentimeter pro Sekunde erhoben. Zur besseren Vergleichbarkeit der Parameter innerhalb der Analysen, wurde die Ganggeschwindigkeit in Meter pro Sekunde umgerechnet.

Kraftparameter: Handkraft (HK)

Die Untersuchung der Handkraft erfolgte mittels eines Hand-Dynamometers (JAMAR, Saehan Corp). Es wurden 3 Messungen an der dominanten Hand durchgeführt. Die Greifkraft wird hier als Maximale Greifkraft in Kilogramm (kg) angegeben.

Skeletal Muscle Index (SMI)

Die Skeletale Muskelmasse wurde durch Anwendung der bioelektrische Impedanzanalyse bestimmt (BIA 2000-S, Data Input GmbH). Der Skelettmuskelindex (SMI) wurde mit Hilfe der Gleichung „Skelettmuskelmasse dividiert durch das Quadrat der Körpergröße“ nach Janssen et al. errechnet (Janssen, Heymsfield, Baumgartner, & Ross, 2000).

Frailty – Syndrom

Angelehnt an die Definition von (Fried et al., 2001), wurde Gebrechlichkeit (Frailty) über die fünf physischen Dimensionen Gewichtsverlust, Erschöpfung, körperliche Aktivität, Mobilität und Kraft definiert. Ein Teilnehmer wurde als „Frail“ eingestuft, wenn drei oder mehr Frailty Kriterien erfüllt waren. Bei Erfüllung lediglich ein oder zwei Kriterien, erfolgte eine Klassifizierung als „Pre-Frail“ (Annette Peters, 2015).

| Frailty Dimension | Frailty Kriterium | Quelle | Operationalisierung |
|------------------------------|--------------------------|---------------|---|
| Ernährungsstatus | Gewichtsverlust | Selbstangabe | Gewichtsverlust von mehr als 5 kg in den letzten 6 Monaten |
| Energie | Erschöpfung | Selbstangabe | Proband fühlt sich zu keinem Zeitpunkt in den letzten zwei Wochen energisch und aktiv |
| Körperliche Aktivität | Körperliche Inaktivität | Selbstangabe | Weder im Sommer noch im Winter Sport (inkl. Fahrradfahren) und darüber hinaus an Werktagen weniger als eine halbe Stunde zu Fuß unterwegs |
| Mobilität | Gehgeschwindigkeit | Messung | TUG (in s) ≥ 80 . Perzentil adjustiert für Geschlecht und Körpergröße |
| Kraft | Greifkraft | Messung | Greifkraft (in kg) < 20 . Perzentil adjustiert für Geschlecht und BMI |

Tabelle 4: Frailty Definition durch KORA Age

Sarkopenie

Basierend auf dem Report der EWGSOP (The European Working Group on Sarcopenia in Older People) wurde das Syndrom Sarkopenie über eine geringe Muskelmasse sowie eine geringe Muskelfunktion (Kraft und Leistung) definiert. Eine verminderte Muskelmasse in Kombination mit einer geringen Muskelkraft oder geringen Muskelleistung führen zur Diagnose einer Sarkopenie (Cruz-Jentoft et al., 2010). Angelehnt an diesen Algorithmus der EWGSOP gilt ein KORA Proband als sarkopen, wenn der SMI vermindert und entweder eine geringere Handkraft nachgewiesen werden konnte, oder der TUG oder die GS vermindert waren.

Datenmanagement und Statistische Auswertung

Die Rohdaten wurden durch das KORA Zentrum in Augsburg erhoben und in ACCESS-Datenbanken festgehalten. Anschließend erfolgte die weitere Bearbeitung der Daten durch das epidemiologische Institut des Helmholtz-Zentrums, welches die Daten prüfte, transformierte und in SAS Daten umwandelte. Zur statistischen Auswertung wurde das Programm SPSS Version für Microsoft Windows (SPSS Inc., Chicago, IL., USA), MedCalc (MedCalc Software Ltd, Belgium) sowie die R Plattform (Version 3.5.3) verwendet.

Die deskriptiven Daten des Teilnehmerkollektivs aus 822 Probanden wurden mittels absoluter Häufigkeit, Mittelwert und Standardabweichung dargestellt (Tab.1). Für den Untersuchungsparameter HK wurden 817 Probanden berücksichtigt, für den SMI 780, für den TUG Test 775, und für die GS 766 Studienteilnehmer. Im Hinblick auf Frailty wurden 788 und für Sarkopenie 795 Teilnehmer in die Analyse einbezogen. Zusätzlich wurde eine stratifizierte Deskription nach ‚Fallers‘/ ‚Non-Fallers‘ durchgeführt. Zum Vergleich der Häufigkeiten wurde der Chi²-Test angewandt. Für kontinuierliche Parameter wurde ein t-test durchgeführt. Statistische Signifikanz wurde durch einen p-Wert <0.05 definiert.

Im zweiten Schritt wurde als inferenzstatistisches Testverfahren eine multivariate Analyse mittels logistischer Regressionsmodelle eingesetzt. Zunächst erfolgte die Dichotomisierung der abhängige Variable Stürze in zwei Referenzgruppen „Ja, ein oder mehrmals innerhalb der letzten 12 Monate gestürzt“ und „Nein, nicht gestürzt“. Die für das Outcome relevanten unabhängigen Variablen aus der Subpopulation KORA Age 1 sind die des geriatrischen Assessments: Timed-Up-and-Go Test (TUG), Ganggeschwindigkeit (GS), Handkraft (HK), Skelettal-Muscle-Index (SMI) sowie das Frailty-Syndrom und die Sarkopenie. Frailty wurde in

Frail (Pre-Frail miteingeschlossen) und Non-Frail zusammengefasst. Um dem Problem eines möglichen Confoundings entgegen zu wirken, wurden drei Regressionsmodelle erstellt und im Längsschnitt analysiert. Im ersten Modell erfolgte eine Adjustierung mittels Alter und Geschlecht, im zweiten Modell wurde zusätzlich der Einfluss von Physical Activity berücksichtigt und im letzten und dritten Modell wurde die Adjustierung durch Multimorbidität und Vitamin D ergänzt. Alle sechs Testparameter aus KORA Age 1 mit 1079 Studienteilnehmern wurden zum Zeitpunkt KORA Age 2 mit 822 Studienteilnehmer für das Outcome Stürze (ja/nein) im Rahmen einer Längsschnittanalyse analysiert. Alle fehlenden oder unvollständigen Untersuchungswerte wurden hierzu manuell entfernt. So ergaben sich für die Untersuchungsparameter neue individuelle Schnittgruppen. Für den Parameter GS betrug die Probandengruppe 759 Teilnehmer, von denen 135 angeben ein oder mehrmals gestürzt zu sein. Im Rahmen des TUG Test konnten 766 berücksichtigt werden, von denen 138 stürzten. Für den Kraftparameter HK 795 Teilnehmer mit 144 Gestürzten sowie den SMI mit 764 Teilnehmern und 134 Gestürzten. Für die Parameter Frailty und Sarkopenie ergaben sich 773 Studienteilnehmer mit 138 Stürzen und 780 Teilnehmer mit 138 Stürzen.

Die Zusammenhänge sind in Tabelle 2 durch die Odds-Ratio (OR), dem Konfidenzintervall (95% CI) und anhand der p-Werte dargestellt. Im zweiten Schritt wurde für jeden Untersuchungsparameter eine Geschlechter-stratifizierte Regression durchgeführt. Als statistisches Signifikanzniveau wurden alle Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0.05 bewertet.

Zur besseren Übersicht, wurden für die p-Werte der OR folgende Signifikanzgruppen aufgestellt und mit „*“ in zwei Gruppen klassifiziert: $\leq 0.005 = **$; $> 0.005-0.05 = *$

Die Evaluation der Diskriminationsfähigkeit der Geriatrischen Parameter Handkraft, TUG und Ganggeschwindigkeit wurde durch eine Receiver Operating Characteristics (ROC)-Analyse nach Hanley ermittelt. Hierzu wurde die Sensitivität gegen die 1-Spezifität grafisch dargestellt und die Fläche unter der Kurve (AUC=Area Under the Curve) ermittelt.

Mit Hilfe der Ergebnisse der Receiver Operating Characteristics (ROC) wurde für jede Altersklasse derjenige Cut Off Wert für den TUG Test errechnet, dem der Youden Index (JI= Sensitivität + Spezifität – 1) entspricht. Zusätzliche wurden die ROC Kurven der adjustierten Testparameter TUG, GS und HK miteinander verglichen.

Im letzten Schritt wurde basierend auf den Ergebnissen der ROC – Analyse eine Risikotabelle entwickelt, die mittels der OR für den Testparameter TUG die relative Sturzwahrscheinlichkeit ermittelt. Es wurden drei Altersklassen (65-71 Jahre, 72-78 Jahre, 79-93 Jahre) bestimmt. Ebenso wurden sechs gleich große Perzentile für den TUG aufgestellt (siehe Tab.4). Das Risiko eines Sturzes ergibt sich aus der OR für den TUG plus der OR für das Alter:

$$\text{Sturzrisiko} = \text{OR}_{\text{TUG}} * x^1 + \text{OR}_{\text{Alter}} * x^2$$

¹Perzentil TUG, ²Altersklasse

Ergebnisse

Deskriptive Statistik des Teilnehmerkollektivs

An der Follow – Up Untersuchung 2012 nahmen insgesamt 408 Frauen (49.6%) und 414 Männer (50,4%) teil. 148 Studienteilnehmer (18.0%) gaben an, ein- oder mehrmals innerhalb des Beobachtungszeitraums von 12 Monaten gestürzt zu sein. Hierbei stürzten Frauen etwas häufiger als Männer (N=88, 59.5%). Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer lag bei 75.1 (± 6.4) Jahren. Der durchschnittliche BMI lag bei 28.4 (± 4.4) kg/m² und zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen Fallers (28.5 ± 4.6 kg/m²) und Non-Fallers (28.4 ± 4.3 kg/m²). Die Gruppe der Gestürzten zeigte im Gruppenvergleich (Fallers vs. Non-Fallers) ein höheres Alter (78.2 ± 6.3 Jahre). Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Gestürzten und nicht Gestürzten hinsichtlich der Handkraft ($p \leq 0.0001$), dem TUG ($p \leq 0.0001$), der Ganggeschwindigkeit ($p \leq 0.0001$), der Frailty ($p \leq 0.0001$), der Multimorbidität ($p \leq 0.0001$), dem SMI ($p = 0.007$), dem Geschlecht ($p = 0.008$) und dem Vitamin D im Serum ($p = 0.042$). In Gruppenvergleich der PASE betrug der total score der Gestürzten 101, während die nicht Gestürzten einen total score von 126 erreichten.

Die Gruppe der Gestürzten schneidet insgesamt schlechter ab. ‚Fallers‘ weisen eine verminderte Handkraft (25.8 ± 8.8 kg) und einen geringeren SMI (8.4 ± 1.5 kg/m²) auf. Die Gruppe der Nicht Gestürzten konnte durchschnittlich eine HK von 29.4 kg (± 10.0 kg) erzielen, der SMI lag bei 8.8 kg/m² (± 1.7 kg/ m²). Auch im Bereich der Mobilität zeigen sich schlechtere Ergebnisse für den TUG Test (12.4 ± 4.6 s) und der Ganggeschwindigkeit (0.976 ± 0.26 m/s) in der Gruppe der ‚Fallers‘. Sie sind multimorbider (2.7 ± 1.6) und es lässt sich weniger Vitamin D im Serum (20.8 ± 11.4 ng/ml) nachweisen. Die Gruppe der nicht Gestürzten schneidet im Hinblick auf den

TUG Test knapp 2 Sekunden besser ab (10.2 ± 2.8 s). Die Ganggeschwindigkeit liegt bei 1.10 Sekunden (± 0.23 s). Das Serum Vitamin D lag bei 22.5 ng/ml (± 11.1 ng/ml) und der Charlson-Comorbidity Index bei 2.0 (1.3).

82 Studienteilnehmer in der Gruppe der Gestürzten erfüllten die Frailty Kriterien, von denen 7 Teilnehmer als Frail (4.9%), 75 Teilnehmer als Pre-Frail (52.4%) eingestuft wurden. Die Gruppe der nicht Gestürzten zeigte im Vergleich der Gestürzten weniger Frail (2.2%), Pre-Frail (31%) und mehr Non-Frail Probanden (67%). In der Gruppe der Fallers lassen sich insgesamt 45 Teilnehmer (5.7%) als sarkopen verzeichnen, von denen 12 Teilnehmer (8.6%) angeben, ein- oder mehrmals in den letzten 12 Monaten gestürzt zu sein. Die Gruppe der Non-Faller schneidet auch hier besser ab. Lediglich 5.0% der 674 Teilnehmer lassen sich als sarkopen einstufen.

Table 5: Baseline Charakterisierung der KORA-Age 2 Kohorte

| | Total n=822 | Fallers n=148 | Non-Fallers n=674 | p-Value |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Sex [Frauen] | 408 (49.6) | 88 (59.5) | 320 (47.5) | 0.008 |
| Age [Jahre] | 75.1 (6.4) | 78.2 (6.3) | 74.5 (6.2) | <0.0001 |
| BMI [kg/m ²] | 28.4 (4.4) | 28.5 (4.6) | 28.4 (4.3) | 0.651 |
| HK [kg] | 28.8 (9.9) | 25.8 (8.8) | 29.4 (10.0) | <0.0001 |
| SMI [kg/m ²] | 8.8 (1.7) | 8.4 (1.5) | 8.8 (1.7) | 0.008 |
| TUG [s] | 10.9 (3.6) | 12.4 (4.6) | 10.2 (2.8) | <0.0001 |
| GS [m/s] | 1.08 (0.24) | 0.98 (0.26) | 1.10 (0.23) | <0.0001 |
| PASE [total score] | 122 (56) | 101 (52) | 126 (56) | 0.500 |
| Sarkopenie [Anzahl positiv] | 45 (5.7) | 12 (8.6) | 33 (5.0) | 0.101 |
| Vitamin D [ng/ml] | 22.2 (11.2) | 20.8 (11.4) | 22.5 (11.1) | 0.095 |
| Frailty [Anzahl positiv] | | | | <0.0001 |
| Frail | 21 (2.7) | 7 (4.9) | 14 (2.2) | |
| Pre-Frail | 276 (35) | 75 (52) | 201 (31) | |
| Non-Frail | 491 (62) | 61 (43) | 430 (67) | |
| Charlson-Comorbidity-Index ¹ | 2.1 (1.4) | 2.7 (1.6) | 2.0 (1.3) | <0.0001 |
| Screen II ² | 38.5 (5.2) | 37.4 (5.1) | 38.7 (5.2) | 0.952 |

Werte werden als Mittelwert (\pm Standardabweichung) und Anzahl (Prozentsatz %) dargestellt. p-Werte für die Gruppendifferenz wurden mittels t-test bzw. Chi²-Test ermittelt

¹ 19 häufige Krankheiten; Fragebogenversion des selbst erstellten Charlson-Comorbidity-Index zur Vorhersage der Mortalität, Chaudhry S et al., 2005

² Gewichtsveränderungen, Auslassen von Mahlzeiten, Schluckbeschwerden, Verzehr von Obst und Gemüse sowie Flüssigkeitsaufnahme mittels der deutschen Kurzform des SCREEN II-Fragebogens, Keller HH et al., 2005

Zusammenhang Stürze und Geriatrisches Assessment: Logistische Regressionsanalysen

In der logistischen Regression zum Zeitpunkt KORA Age 2 konnte im Längsschnitt ein Zusammenhang zwischen Stürzen und den Untersuchungsparametern GS ($p=0.048$), TUG ($p=0.004$) und Frailty ($p=0.029$) nachgewiesen werden.

GS zeigt adjustiert nach Alter, Geschlecht, Physical Activity, Vitamin D und Multimorbidität signifikante Assoziation zu Stürzen ($p=0.048$, OR 0.991). Die OR von 0.987 (CI 0.978/0.995) für die Ganggeschwindigkeit der Probanden verbessert sich nach Adjustierung nach Adjustierung für Alter und Geschlecht ($p=0.003$, Model 1) auf 0.990 (CI 0.981/0.999) nach zusätzlicher Adjustierung für Physical Activity ($p=0.025$, Model 2) und in Model 3 nach Einbeziehung der Parameter Vitamin D und Multimorbidität auf 0.991 (CI 0.981/1.000) mit signifikantem p-Wert ($p=0.048$). Die Rate eines Sturzes sinkt um 1.9% pro m/s mit steigender Gangperformance.

Die Odds Ratio für den TUG Test sinkt nach jeweiliger Adjustierung von 1.117 im ersten Modell (CI 1.057/1.181 $p<0.0001$), auf 1.097 (CI 1.035/1.161 $p=0.002$ Model 2) und im letzten Modell auf 1.093 (CI 1.029/1.160 $p=0.004$).

Der geriatrische Parameter Handkraft zeigt nach Adjustierung durch die Confounder in keinem der Modelle Assoziation zu den Sturzereignissen ($p=0.794$, OR 0.996). Auch im Hinblick auf den errechneten SMI lässt sich kein signifikanter Zusammenhang zum Outcome verzeichnen ($p=0.535$, OR 0.938).

Sarkopenie zeigt in keinem der drei aufgestellten Regressionsmodellen Assoziation zum Outcome Sturz ($p=0.721$, OR 1.148). Die Gruppe der als Frail und Pre-Frail zusammengefassten Probanden, hier als Frailty bezeichnet, zeigt einen signifikanten Zusammenhang zu den Sturzereignissen ($p=0.029$, OR 1.611). Die OR sinkt von 1.859 (CI 1.240/2.785) im ersten Model, auf 1.644 (CI 1.083/2.498) und im letzten Model auf 1.611 (1.050/2.471).

Ebenso wurden alle Geriatrischen Parameter stratifiziert nach dem Geschlecht untersucht und eine Regression mit Outcome Stürze zum Zeitpunkt Age 2 durchgeführt (Tab.6). Nach Stratifizierung der Kohorte in Männer und Frauen zeigt in der Gruppe der Frauen für beide Gangparameter GS und TUG eine erhöhte Assoziation zu den Sturzereignissen. Mit sinkender GS (OR 0.987 $p=0.045$) steigt das Risiko eines Sturzes. Noch deutlicher verhält sich diese Assoziation im TUG Test: Je schlechter die TUG Zeiten der weiblichen Probanden, desto höher die Wahrscheinlichkeit eines Sturzereignissen (OR 1.141 $p=0.002$). Dieser Zusammenhang konnte nicht für die Gruppe der Männer nachgewiesen werden. Weder die GS (OR 0.995 $p=0.472$) noch der TUG Test (OR 1.045 $p=0.362$) zeigten signifikanten Zusammenhang zum Sturz. Wie bereits in der Gesamtanalyse zum Kraftparameter HK, zeigt auch diese in der Geschlechter Stratifizierung keine Assoziation zu den Sturzereignissen (OR 1.020 $p=0.463$ für Frauen, OR 0.981 $p=0.343$ für Männer). Sowohl Frailty (OR 1.621 $p=0.102$ für Frauen, OR 1.558 $p=0.174$) als auch Sarkopenie (OR 0.892 $p=0.825$ für Frauen, OR 1.618 $p=0.406$ für Männer) zeigen nach Adjustierung aller Kovariablen keine Geschlechter spezifischen Assoziationen zum Sturz.

Tabelle 6: Logistische Regressionsanalyse - Assoziation Stürze

Model 1: Adjustiert für Alter [Jahre] und Geschlecht [Ref:Frauen] Model 2: Adjustiert für Alter [Jahre],

| | Model 1 | Model 2 | Model 3 |
|---|--|---|---|
| | OR (95% CI) | OR (95% CI) | OR (95% CI) |
| Ganggeschwindigkeit [m/s] Frauen Männer | 0.987** (0.978/0.995) 0.985* (0.973/0.996) 0.989 (0.976/1.003) | 0.990* (0.981/0.999) 0.988* (0.976/1.000) 0.992 (0.978/1.006) | 0.991* (0.981/1.000) 0.987* (0.975/1.000) 0.995 (0.980/1.009) |
| TUG [s] Frauen Männer | 1.117** (1.057/1.181) 1.149** (1.065/1.239) 1.074 (0.985/1.172) | 1.097** (1.035/1.161) 1.126** (1.041/1.218) 1.055 (0.962/1.157) | 1.093** (1.029/1.160) 1.141** (1.049/1.241) 1.045 (0.951/1.148) |
| Hand Grip [kg] Female Male | 0.991 (0.959/1.023) 1.013 (0.962/1.067) 0.974 (0.935/1.015) | 0.995 (0.963/1.027) 1.019 (0.966/1.074) 0.978 (0.939/1.019) | 0.996 (0.964/1.028) 1.020 (0.967/1.076) 0.981 (0.941/1.021) |
| SMI [kg/m ²] Female Male | 0.950 (0.817/1.208) 1.147 (0.883/1.488) 0.829 (0.616/1.117) | 0.974 (0.801/1.183) 1.102 (0.848/1.433) 0.831 (0.618/1.117) | 0.938 (0.767/1.148) 1.085 (0.827/1.424) 0.790 (0.579/1.078) |
| Sarkopenie² Female Male | 1.107 (0.524/2.337) 0.856 (0.313/2.338) 1.593 (0.522/4.860) | 1.074 (0.505/2.282) 0.844 (0.306/2.330) 1.507 (0.490/4.631) | 1.148 (0.539/2.445) 0.892 (0.323/2.466) 1.618 (0.520/5.035) |
| Frailty¹ Female Male | 1.859** (1.240/2.785) 1.841* (1.068/3.173) 1.862* (1.016/3.410) | 1.644* (1.083/2.498) 1.573 (0.896/2.764) 1.713 (0.918/3.196) | 1.611* (1.050/2.471) 1.621 (0.909/2.891) 1.558 (0.823/2.949) |

Geschlecht [Ref:Frauen] , Physical activity [score per unit] Model 3: Adjustiert für Alter [Jahre], Geschlecht [Ref:Frauen] , Physical activity [score per unit], Vitamin D [ng/ml] und Multimorbidität [Anzahl der Krankheiten nach Kirchberger et al.]

¹Frail/Pre-Frail=1 Non-Frail=0 ; ²Sarkopenie=1 Keine Sarkopenie=0

p-Wert Kategorien für OR: ≤ 0.005 = **; > 0.005-0.05 = *

Area Under the Curve (AUC) der Receiver Operating Characteristics (ROC)

In Abbildung 3 wurde die Sensitivität, der Anteil der richtig positiven Fälle, gegen die 1-Spezifität, der Anteil der falsch positiven Fälle gegeneinander aufgetragen. Die Diagonale entspricht den durch Zufall erwarteten Ergebnisse. Die geriatrischen Parameter GS und TUG erwiesen sich in der logistischen Regressionsanalyse in Bezug auf Stürze statistisch signifikant und wurden in die ROC Analyse einbezogen. Der Kraftparameter HK sowie der SMI konnten keinen signifikanten Zusammenhang zu den Sturzereignissen zum Zeitpunkt Age 2 zeigen, und wurden daher nicht für die weitere Analyse berücksichtigt. Zwar zeigte auch das Frailty – Syndrom signifikante Assoziation zu den Sturzereignisse der letzten 12 Monate, wurde aber aufgrund der eingeschränkten Praktikabilität für die hausärztliche Praxis nicht weiterverfolgt.

Die jeweiligen Wertepaare aus der Sensitivität und 1 – Spezifität bilden die ROC-Kurven der Parameter GS und TUG jeweils adjustiert nach allen Kovariablen aus Modell 3 der logistischen Regression. Zusätzlich wurden zwei Graphen für je Modell 1 ohne GA Parameter (Alter und Geschlecht) sowie Modell 3 ohne GA (alle Kovariablen) als Referenz kalkuliert. Zur Diskrimination wurde die Fläche unter der Kurve (AUC) errechnet (Abb.3).

Die Fläche war für die GS und den TUG aus dem GA ist signifikant ($p < 0.0001$). Die AUC betrug für die adjustierte Ganggeschwindigkeit 0.706 (0.672 - 0.738) und für den adjustierten TUG Test 0.712 (0.678 - 0.744).

Zusätzlich wurden im gleichen Zuge alle ROC Kurven miteinander auf Unterschiedlichkeit getestet. Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen ROC (Alter und Geschlecht) und (adjustierter TUG) von $p = 0.03$. Ebenso zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Kurven ROC (alle Kovariablen) und ROC (Alter und Geschlecht). Der Vergleich zwischen der adjustierten GS und TUG ergab keine signifikanten Unterschiede.

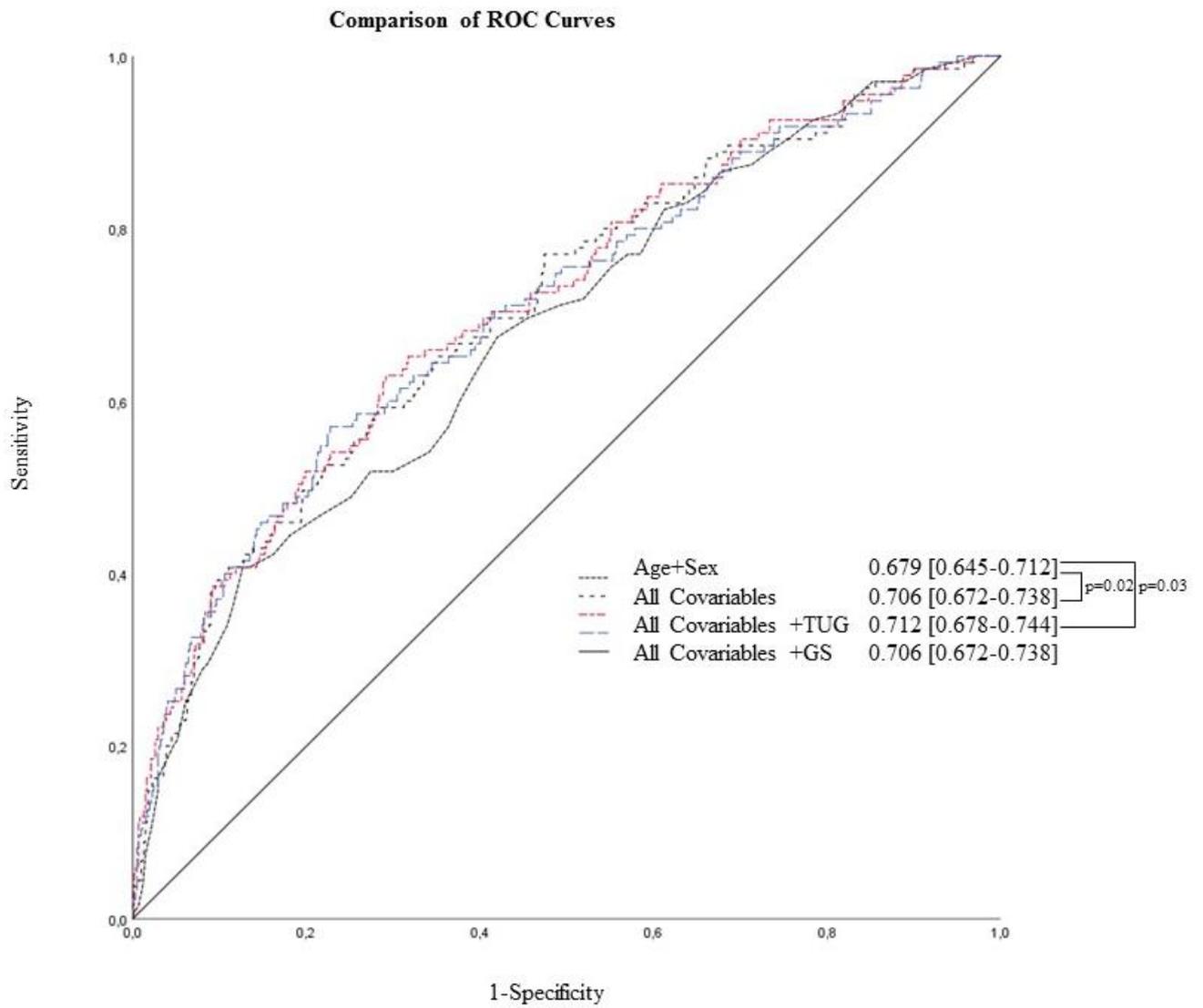


Abbildung 3: Adjustierte ROC Kurven des Geriatrischen Assessments

Risikotabelle für TUG

Für den TUG wurde einer Risikotabelle errechnet, die als Orientierungshilfe für die hausärztliche Praxis dienen soll.

Aus den jeweiligen OR der Regressionsanalyse (Tab.6) für das Alter und den TUG lässt sich ein Gesamtrisiko für das Auftreten eines Sturzes errechnen. Hierzu haben wir die nachfolgende Formel zur Herleitung der Risikoeinschätzung angewandt:

$$\text{Sturzrisiko} = \text{OR}_{\text{TUG}} * X^1 + \text{OR}_{\text{Alter}} * X^2$$

¹Perzentil TUG, ²Altersklasse

Tabelle 7 zeigt die jeweilige Altersklasse aufgetragen gegen das gemessene TUG Zeit. In den Altersklassen (65-71/72-78/79-93 Jahren) steigt das Risiko eines Sturzereignisses mit sinkender TUG Zeit in Sekunden. 65-71-Jährige mit einer TUG Zeit von 8.99-9.67 Sekunden haben ein 84,61% Risiko in den nächsten 12 Monaten zu stürzen. Mit steigender Altersklasse steigt dieses Risiko bei gleicher TUG Zeit auf 142,3% sowie ab einem Alter ab 79 Jahre auf 200%.

Tabelle 7: Risikotabelle für TUG Test nach KORA Age 2

| Alter/TUG | 5.78-8.15 s | 8.16-8.98 s | 8.99-9.67 s | 9.68-10.77 s | 10.78-12.63 s | 12.64-42.87 s |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 65–71 Jahre | 1.000 | 1.4230 | 1.8461 | 2.2691 | 2.6921 | 3.1151 |
| 72–78 Jahre | 1.5769 | 2.000 | 2.4230 | 2.8461 | 3.2691 | 3.6921 |
| 79–93 Jahre | 2.1539 | 2.5769 | 3.000 | 3.4230 | 3.8461 | 4.2691 |

Diskussion

Die vorliegende Studie umfasste insgesamt 822 ältere Teilnehmer mit einem ausgeglichenen Geschlechterverhältnis. Im Hinblick auf aufgetretene Sturzereignisse schnitt im stratifizierten Gruppenvergleich die Probandengruppe der Fallers in allen geriatrischen Assessment Gesichtspunkten schlechter ab: Sie waren durchschnittlich 3 Jahre älter, zeigten eine verminderte Handkraft sowie einen schlechteren SMI. In den Bereichen der Mobilität fiel auf, dass Gestürzte eine nachweislich langsamere Ganggeschwindigkeit aufwiesen und beim TUG Test längere Zeiten zu verzeichnen waren. Die Gruppe der nicht Gestürzten schnitt im Hinblick auf den TUG Test signifikant besser ab.

Im Längsschnitt konnte in der Gesamtkohorte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Stürzen und den Untersuchungsparametern GS, TUG und Frailty nachgewiesen werden. Das Abschneiden der Teilnehmer im TUG Test zeigte sich umgekehrt proportional zur relativen Wahrscheinlichkeit eines Sturzereignisses in den nächsten 12 Monaten. GS zeigt im adjustierten Modell, unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Physical Activity, Vitamin D und Multimorbidität, eine signifikante Assoziation mit Stürzen. Je höher die Ganggeschwindigkeit der Teilnehmer, desto niedriger zeigten sich die Odds eines Sturzes. Diese zeigten sich noch weiter erniedrigt, wenn das Modell nach männlichem Geschlecht, jüngerem Alter, vermehrter körperlicher Aktivität sowie Fehlen von Multimorbidität adjustiert wurde. Die Handkraft sowie die SMI zeigten hingegen in keinem der Modelle Assoziation zu den Sturzereignissen. Frailty und Sarkopenie, wie vom Helmholtz-Zentrum definiert, können nur bedingt zur Sturzbeurteilung herangezogen werden. Frailty zeigte in der Gesamtkohorte einen signifikanten Zusammenhang zu den Sturzereignissen.

Nach Stratifizierung der Kohorte in Männer und Frauen zeigt sich in der Gruppe der Frauen für beide Gangparameter GS und TUG eine erhöhte Assoziation zu den Sturzereignissen. Mit sinkender GS stieg das Risiko eines Sturzes. Je schlechter die TUG Zeiten der weiblichen Probanden, desto höher war die Wahrscheinlichkeit eines Sturzereignissen. Dieser Zusammenhang konnte nicht für die Gruppe der Männer nachgewiesen werden.

Der TUG Test erwies sich in den ROC Analysen als, im Vergleich zur GS, geeigneteres Instrument zur Diskrimination von Gestürzten. Ebenso fiel der Vergleich der ROC Kurven zwischen den Mobilitätsparametern für den TUG statistisch signifikant aus. Die Fläche für die GS und den TUG Test war signifikant, so dass auf eine Eignung beider Testverfahren zur Diskriminierung für Sturzereignisse geschlossen werden kann. Ebenso zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den ROC-Kurven unter Betrachtung aller Variablen und jener, welche nur Alter und Geschlecht miteinbezogen. Der Vergleich zwischen der adjustierten GS und TUG ergab keine signifikanten Unterschiede. Dieses diagnostische Potenzial des TUG-Tests, hinsichtlich der Unterscheidung, legte eine besondere Eignung des TUG Tests zur Vorhersage von Sturzereignissen in der KORA – Kohorte nahe.

Das Risiko zu stürzen steigt ab einem Lebensjahr von 65 Jahren auf ca. 35% (Talbot et al., 2005). Aufgrund einer immer älter werdenden Gesellschaft in Deutschland, nimmt die Sturzprophylaxe einen immer wichtigeren Teil im Gesundheitswesen ein. Die derzeit vorhandenen ‚Orientierungshilfen‘, wie sie von der DEGAM (Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin) im deutschsprachigen Raum, oder beispielsweise durch die NICE (National Health and Care Excellence) Guidelines im anglistischen Raum gelten, sind wenig spezifisch und im Kontext des Sturzrisikos ungenau. Alle Leitlinien verweisen zwar auf das GA (Geriatrische Assessment) im Ganzen, jedoch enthält keine der Guidelines explizite Parameter zur ersten Aussortierung im alltäglichen Praxisalltag. Es bedarf

einheitlicher Parameter, um eine schnelle und unkomplizierte Selektion des Patientenkollektivs vornehmen zu können. So können schnelle Entscheidungshilfen angewandt und kostenintensive Verletzungsfolgen vermieden werden.

Anhand einer sehr großen Populationsstudie KORA (Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg) konnten wir repräsentative Indikatoren wie den TUG, GS, SMI und die Syndrome Sarkopenie und Frailty im Rahmen des Geriatrischen Assessment im Hinblick auf eben diese Fragestellung und Problematik widmen. Eine Meta-Analyse aus dem Jahre 2014 zeigt tabellarisch die Kohorten Größen, die sich mit genau dieser Fragestellung beschäftigen (Barry, Galvin, Keogh, Horgan, & Fahey, 2014). Barry et al. führten eine Literaturrecherche durch, um alle Studien zu validieren, die sich mit dem TUG Test zum Thema Sturzereignisse beschäftigten. Hierbei wurde ein TUG Wert von $> 13,5$ Sekunden verwendet, um Probanden mit einem höheren Sturzrisiko zu identifizieren. Es fiel auf, dass im Hinblick auf die in vorhandenen Studien eingeschlossene Probandenzahl eine große Heterogenität bestand. Von den 23 Studien, die von den Autoren der Meta-Analyse tabellarisch aufgelistet wurden, hatten 14 weniger als 300 Teilnehmer, davon lagen wiederum 5 deutlich unter einer Probandenzahl von 100. Insgesamt 6 Studien verzeichneten zwischen 300 und 500 Studienteilnehmer, eine Studie umfasste 1200 und eine weitere Studie 1618 Probanden. Unsere Populationskohorte von rund 1079 Studienteilnehmern, von denen 822 Teilnehmer an einer Folgeuntersuchung teilnahmen, bildet im deutschen Sprachraum eine der größten Forschungsgruppen im geriatrischen Kontext. Barry et al. kamen zu dem Schluss, dass sich der TUG Test insbesondere bei Probanden mit einem hohen Risiko zu stürzen (TUG Zeiten ab $\geq 13,5$ s) zur Identifizierung von Stürzen eignet.

In unseren Analysen zu den Sturzereignissen weisen die Mobilitätsparameter GS und TUG die größte Assoziation zum Outcome Stürze auf. Die logistische Regression adjustiert nach Alter, Geschlecht, Physical Activity, Vitamin D und Multimorbidität zeigt signifikanten Zusammenhang zwischen der GS ($p=0.048$, OR 0.385) und dem TUG Test ($p=0.004$, OR 1.093). Der Kraftparameter HK ($p=0.794$, OR 0.996) sowie der SMI ($p=0.535$, OR 0.938) zeigen keinen statistischen Zusammenhang zu den Sturzereignissen. Somit zeigten sich nach unseren Ergebnissen weder die HK noch der SMI zur Vorhersage von Sturzereignissen geeignet.

Die Syndrome Frailty und Sarkopenie konnten nur bedingt zur Sturzbeurteilung herangezogen werden. Sarkopenie zeigte keine Assoziation zu Stürzen ($p=0.721$, OR 1.148). Dies wird auch daraus deutlich, dass sich für den Faktor Muskelmasse, dem SMI, kein signifikanter Zusammenhang zu Stürzen zeigen ließ. Auch die Studienlage hierzu legt nahe, dass die Muskelmasse nur mäßig mit funktionellen Ergebnissen zusammenhängt. (Kalyani, Corriere, & Ferrucci, 2014) Die Sarkopenie als Summe der Muskelmasse und Muskelfunktion ist somit nicht assoziiert zu den Sturzereignissen und eignet sich nicht zur Identifizierung von Sturzereignissen. Das Frailty Syndrom hingegen zeigte einen signifikanten Zusammenhang zu den Sturzereignissen ($p=0.029$, OR 1.611). Angelehnt an die Definition von Fried et al. (Fried et al., 2001) wird Gebrechlichkeit über die fünf physischen Dimensionen Ernährungsstatus, Energie, körperliche Aktivität, Mobilität und Kraft definiert. Die Prävalenz von Frailty nimmt in einer alternden Gesellschaft immer mehr zu und zeichnet sich im Verlauf mit einer Funktionsminderung über mehrere physiologischen Systeme hinweg aus (Kalyani et al., 2014). Eine systematische Meta-Analyse von Kojima et al., berichtete, dass Frailty mit einem erhöhten Frakturrisiko einhergeht. Sowohl Frailty, als auch Pre-Frailty, sind signifikante Prädiktoren für Frakturen bei älteren Menschen (Kojima, 2016). Da das Frailty Syndrom aufgrund seiner Definition in 5 Einzelkomponenten nur schwer anzuwenden ist, und somit eine geringe

Praktikabilität in der hausärztlichen Tätigkeit zeigt, wurde dieser Zusammenhang nicht weiterverfolgt.

Das Risiko eines Sturzes hängt signifikant von einer Veränderung des Ganges ab. Ältere Teilnehmer, die in der Ganganalyse längere TUG-Zeiten und niedrigere Ganggeschwindigkeiten aufwiesen, stürzten ein oder mehrmals im gemessenen Zeitraum. In den ROC Analysen erwies sich der TUG Test der GS überlegen.

GS und TUG zeigten durch eine gemessene AUC Fläche >0.5 eine gute Diskriminierungsfähigkeit zwischen Gestürzten und Nicht-Gestürzten. Somit scheint entscheidende Einflusskomponente der Faktor der Funktionalität für das Auftreten eines Sturzes zu sein, nicht die der Muskel- bzw. Greifkraft.

Funktionalität ist der Muskelkraft überlegen

Klinische Leitlinien wie die der American Geriatric Society und British Geriatrics Society verweisen in Ihrer Stellungnahme zur Sturzrisikoprüfung auf den TUG als Screening Instrument zur Identifizierung von gefährdeten Älteren (*Summary of the Updated American Geriatrics Society / British Geriatrics Society Clinical Practice Guideline for Prevention of Falls in Older Persons*, 2010). Die TUG Zeit umfasst, dass der Teilnehmer von einem Stuhl aufsteht, 3 Meter zur vorgegebenen Stelle läuft, sich dreht, zum Stuhl zurückkehrt und wieder hinsetzt (Podsiadlo & Richardson, 1991). Er ist ein praktischer und zuverlässiger Leistungsparameter, der einfach und ohne spezielle Ausrüstung durchführbar ist. Zudem ist er ein objektives Instrument, um funktionelle Veränderungen auch im Zeitverlauf zu dokumentieren. Die daraus ermittelte Zeit in Sekunden, gibt repräsentativ die Mobilität des

Teilnehmers wieder (Podsiadlo & Richardson, 1991). Die Fähigkeit aus Mobilität und Gleichgewicht nimmt mit fortschreitendem Alter ab. Ab dem 40. Lebensjahr lässt das Sehvermögen und die Kraft der Gliedmaßen stetig nach, was sich auf die Mobilität eines Älteren auswirkt (Butler, Menant, Tiedemann, & Lord, 2009). Butler et al. konnte in einer Studie mit 50 Teilnehmern im Alter von 20 bis 39 Jahren, und 648 Teilnehmern im Alter von 75 bis 98 Jahren zeigen, dass ältere Teilnehmer in allen funktionellen Mobilitätstest signifikant schlechter abschnitten, als die jüngeren. Der Verlust an Mobilität im Alter erhöht das Risiko eines Sturzes stetig. Amerikanische Studien zeigen, dass mehr als 30 Prozent der über 65 jährigen Älteren pro Jahr stürzen (Liu-ambrose et al., 2015). Laut des CDC (Centers for Diseases Control and Prevention) des amerikanischen Gesundheitsministeriums gelten Stürze als dritthäufigste Ursache für Behinderungen weltweit. 90 Prozent der Hüftfrakturen werden durch Stürze verursacht (Choi & Robinovitch, 2015). Daher empfiehlt die CDC die Beurteilung der Mobilität und Kraft mit Hilfe des TUG-Tests, 30s- Stehtests und eines Balancetests. Shumway-Cook und Kollegen publizierten im Jahr 2000 konkrete Erkenntnisse zum Sturzrisiko in einer kleinen Probandenfallgruppe von 30 Teilnehmern. Er veröffentlichte einen Cut-Off Point von ≥ 13.5 Sekunden für den Timed-Up-and-Go Test. Eine Übersichtsstudie zeigte, dass die zitierten Schwellenwerte für die TUG Zeiten zwischen 10 und 33 Sekunden variieren (Barry et al., 2014). In der von uns durchgeführten Populationsstudie KORA zeigt sich der durch den Youden Index berechnete Cut Off Point bei < 9.69 s mit einer Sensitivität von 71,43% und einer Spezifität von 55.43%.

TUG: ein komplexer Indikator

Funktionelle Mobilität und die Fähigkeit zu Laufen, setzt sich aus mehreren physiologischen Komponenten zusammen. Am Laufen sind im Wesentlichen der Bewegungsapparat und das Herz-Kreislauf-System beteiligt. Sie ermöglichen ein aufrechtes Stehen und das Halten des Gleichgewichts (Giladi, Bloem, & Hausdorff, 2007). Zusätzlich erfordert es visuelle, vestibuläre und propriozeptive Sinne, die dem zentralen Nervensystem Rückmeldung auf andauernde Bewegungsabläufe geben. Zudem setzt es eine gewisse kognitive Fähigkeit voraus, um die bereits im Kindesalter gelernte motorisch- sensorische Aufgabe des Gehens umzusetzen (Giladi et al., 2007).

Unsere Analyse ergab, dass zur Beurteilung dieser Leistung der TUG (AUC 0.712 CI 0.678-0.744) und die Ganggeschwindigkeit (AUC 0.706 CI 0.672-0.738) am besten geeignet sind. Frühere Studien bestätigen die Korrelation zwischen der Abnahme von Funktion und der Ganggeschwindigkeit (Studenski, Perera, & Wallace, 2003). Der TUG Test ist der Ganggeschwindigkeit leicht überlegen, da er mehr Informationen liefert. Er umfasst einen komplexeren Ablauf aus: Aufstehen, Gehen, 180-Grad Drehung, Zurücklaufen und Hinsetzen (Viccaro, 2011). Somit werden trotz der einfachen Umsetzbarkeit mehrere Komponenten von Gleichgewicht und Mobilität getestet. Die Zusammensetzung aus Sitzen und Stehen erfordern Vorwärtsbewegungen des Massenschwerpunktes, Beschleunigungsmomente sowohl in anterior-posteriorer Richtung, ebenso in der Vertikalen (Herman, Giladi, & Hausdorff, 2011). Hinzu kommt, dass der Proband seinen Schwerpunkt halten muss, sowie einen zweimaligen Wendegang ausführen muss, um nach Hinsetzen wieder aufstehen, zurück zum Ausgangspunkt zu laufen. Diese erste und zweite Drehsequenz können selbst zum Problem für gesunde ältere Erwachsene über 70 Jahre werden (Nordin, 2006). Der TUG bildet repräsentativ die alltäglichen motorischen Fähigkeiten und Grundbewegungen ab, die neben einem gewissen Maß an Planung

auch eine räumliche Orientierung sowie Organisation voraussetzt (Herman et al., 2011). Studien mit Alzheimer Patienten stützen die Annahme, dass neben motorischer Leistung ebenso eine intakte kognitive Funktion erforderlich ist, um eine optimale Leistung zu erbringen (Pettersson, Engardt, & Wahlund, 2002). Sai und Kollegen zeigten in einer Studie von 112 Personen mit 60 Fallern (54%), dass die AUC für die ROC Kurven für TUG zwischen 0.66-0.71 liegen. Analog zu unseren Ergebnissen, zeigte sich auch die Greifkraft als Kraftparameter nicht signifikant zu wiederkehrenden Stürzen (Sai, Gallagher, Smith, & Logsdon, 2010). Die AUC Fläche lag für den TUG verglichen mit der Studie von Sai und Kollegen deutlich höher. Eine prospektive amerikanische Studie der Oxford University konnte beweisen, dass Ganggeschwindigkeiten zwischen 0.70 m/s und 1.00 m/s das Risiko zu stürzen erhöhen (Verghese, Holtzer, Lipton, & Wang, 2009). Dieses bestätigt sich in der Basischarakterisierung unserer Kohorte. Während die Gruppe der Non-Fallers, eine maximale Ganggeschwindigkeit von 1.10 (± 0.23) m/s aufweisen, zeigt sich in der Gruppe der Fallers eine Ganggeschwindigkeit von 0.98 (± 0.26) m/s. Beide Gruppen unterscheiden sich hierbei signifikant voneinander ($p < 0.0001$). Anzumerken ist, dass die gesamte mittlere maximale Geschwindigkeit unserer Kohorte, verglichen mit der durch Verghese und Kollegen erhobenen Werte, tendenziell sehr gut ausfällt. Im Durchschnitt lässt sich eine maximale Ganggeschwindigkeit von 1.08 (± 0.24) m/s aufzeichnen, was für insgesamt sehr vitale Teilnehmer spricht. Ältere Publikationen von KORA zeigen, dass eine Vielzahl der über 70-Jährigen als ‚fit‘ und autonom einzustufen sind. Rund 65% der 70-79-Jährigen und 28% der über 80-Jährigen besitzen keine Alltagseinschränkungen (Strobl et al., 2013). Die Übersichtsarbeit von Viccaro et al. bekräftigt, dass sowohl TUG als auch die Ganggeschwindigkeit zur Vorhersage herangezogen werden können. Beides sind leicht zugängliche und sensitive Vitalparameter, um eine Funktionsbewertung bei Älteren durchzuführen und ergänzen die Selbsteinschätzung eines Patienten maßgeblich (Studenski et al., 2003). Eine erhöhte Gangvariabilität kann zu einem

instabilen Gang, Verlust der Balance bis hin zum Sturz führen (Maki, 1997) (Brach & Vanswearingen, 2007). Im Hinblick auf die Odds-Ratio der Regressionsmodelle dieser Arbeit (Tab.2), schneidet der TUG adjustiert nach allen Confoundern (OR 1.093 p=0.004) besser als die Ganggeschwindigkeit (OR 0.991 p=0.048) ab.

Geschlechter Spezifische Unterschiede

In der logistischen Regression zeigt sich, dass in der Geschlechterstratifizierung der Kohorte Frauen stärkere Assoziation zu den geriatrischen Parametern TUG und Ganggeschwindigkeit im Vergleich zu den männlichen Probanden aufweisen. Die Gruppe der Frauen zeigt für beide Gangparameter GS und TUG eine erhöhte Assoziation zu den Sturzereignissen. Mit sinkender GS (OR 0.987 p=0.045) steigt das Risiko eines Sturzes. Je schlechter die TUG Zeiten der Frauen, desto höher die Wahrscheinlichkeit eines Sturzereignissen (OR 1.141 p=0.002). Dieser Zusammenhang konnte nicht für die Gruppe der Männer nachgewiesen werden.

Diese Geschlechterunterschiede bestätigen sich mit früheren Untersuchungen zu funktionellen Mobilitätsaufgaben. Ältere Frauen sind im Vergleich zu älteren Männern weniger in der Lage, schnelle Muskelmomente für die unteren Extremitäten zu erzeugen (Butler et al., 2009). Bereits 1998 zeigten Cao und Kollegen, dass es neben Altersunterschiede auch Geschlechterspezifische Unterschiede in Bezug auf das Abbiegeverhalten gibt. Ältere Frauen benötigen im Vergleich zu älteren Männern längere Reaktionszeiten in der ersten Phase ihrer Reaktion. Sie argumentierten, dass dieses auf die bereits bekannten Alters- und Geschlechterunterschiede der Fähigkeit der Gelenkdrehmomentstärken der unteren Extremitäten zurück zu führen sei (Cao, Schultz, Ashton-Miller, & Alexander, 1998).

In einer Studie mit 491 Frauen konnte gezeigt werden, dass der TUG Test zur Vorhersage für das Auftreten eines Sturzereignisses geeignet ist. TUG-Testzeiten unter 12 Sekunden stehen signifikant in Assoziation zu Stürzen (Onsch et al., 2003). Butler et al. konnte in einer Studie aus verschiedenen funktionellen Mobilitätsparametern zeigen, dass ältere Frauen in allen Bereichen schlechter abschnitten (Butler et al., 2009). Dieser Gender Unterschied zeigte sich insbesondere mit steigendem Alter. Steffen und Kollegen konnten in einer Geschlechterstratifizierten Studie nachweisen, dass Frauen in der Altersklasse 80-89 Jahre im Vergleich zu Männern schlechtere TUG Zeiten (11 ± 3 Sekunden) als Männer (10 ± 1 Sekunde) aufwiesen. Eine Retrospektive Studie aus den USA untersuchte die Auswirkungen des Geschlechts auf die altersbedingte Zunahme von Stürzen (Feifei Wei, 2014). Die in der Notaufnahme erhobenen Daten konnten zeigen, dass die Rate an Sturzereignissen bei Frauen kontinuierlich ab dem 18 Lebensjahr zunahm. Interessanterweise ging die Rate eines Sturzes bei Männern zunächst zurück, und erreichte im Alter von 65-74 Jahren den niedrigsten Punkt. Anschließend stieg diese wieder kontinuierlich an. Wei und Kollegen betonen die Notwendigkeit alters- und geschlechterspezifische Maßnahmen zur Verhütung von Sturzverletzungen.

Modifikationen und Erweiterung des TUGs

Eine Studie von McGrath et al. konnte 2011 zeigen, dass eine objektive Bewertung der Mobilität im Hinblick auf das Sturzrisikos mittels am Körper getragener Sensoren identifiziert werden kann. Mittels Trägheitssensoren kann, die am Schaft gemessenen absolute mittlere vertikale Winkelgeschwindigkeit während des TUG Tests gemessen werden (McGrath, Greene, Walsh, & Caulfield, 2011).

Die Fähigkeit zu Gehen ist ein komplexer motorischer Prozess, der durch das neuromuskuläre System gesteuert wird. Der Bewegungsablauf zwischen Ferse und Zehen während des menschlichen Gangs setzt sich zusammen aus einer Schwungphase zwischen Fersenkontaktgeschwindigkeit in Relation zur Mindestzehenfreiheit (Winter, 1992). Änderungen in der minimalen Bodenfreiheit im Zuge von Positionsfehlern in der Ferse führen in diesem Zusammenhang zum Sturz (McGrath et al., 2011). Im Vergleich von jüngeren und älteren Probanden konnte festgestellt werden, dass es im Alter zur Verschlechterung der Propriozeption und Verschlechterung der Gelenk- und Segmentpositionierung kommt (Goble, Coxon, Wenderoth, Van Impe, & Swinnen, 2009).

Neben der quantitativen Bewertung des TUGs durch Gang und Drehung, gibt es einige Studien, die durch die Verwendung von Inertialsensoren eine Verbesserung der Sensitivität versprechen. Higashi et al. verwendete am Körper getragene Sensoren, um bei hemiplegischen Patienten mit pathologischem Gang den TUG Test zu evaluieren (Higashi, Yamakoshi, Fujimoto, Sekine, & Tamura, 2008). Zampieri et al. verwendete körpergetragene Sensoren bei Parkinson Patienten zur Bewertung des TUG Tests während des Ganges (Zampieri et al., 2010). In einer retrospektiven Studie von Greene et al. konnte gezeigt werden, dass zur Abschätzung des Sturzrisikos in einer Kohorte von 349 älteren Probanden mit einer Testgenauigkeit von 76,8% das Risiko zu stürzen mit Hilfe des TUGs bestimmt werden konnte (Greene et al., 2010). Bislang ist jedoch nicht eindeutig bekannt, welcher Teil des TUG Testes zur Vorhersage der Sturzgefährdung herangezogen werden kann. Eine Forschung von Dite et al. konnte zeigen, dass es Unterschiede in Abbiegemaßen zwischen der Gruppe der Gestürzten und Nicht-Gestürzten gab (Wayne Dite, BAppSci, GradDip, 2002). Zusätzlich zeigten andere Studien, dass der Übergang vom Sitzen zum Stehen und die Variabilität der zeitlichen Gangparameter mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert ist (Cheng et al., 1998) (Giladi et al., 2007).

Trägheitssensoren können eingesetzt werden, um die Bewertung des Sturzrisikos auf Basis eines TUG Tests zu verbessern. Durch getragene Gyroskope können dreiachsige Parameter abgeleitet werden, welches die Testgenauigkeit von 60,6% auf 76,8% verbessert (Greene et al., 2010). In diesem Kontext bleibt die Frage, inwiefern körpergetragene Inertiasensoren aus ökonomisch wirtschaftlicher Sicht in der hausärztlichen Praxis in Zukunft zur Verfügung stehen werden. Jovanov und Kollegen stellten auf Basis dieser Erkenntnisse eine weitere Methode zum instrumentierten TUG (iTUG) zur Bewertung der Mobilität vor (Jovanov et al., 2017). Bei diesem Test werden die Probanden von einem speziellen Gerät überwacht, basierend auf Trägheitssensoren, einem dreidimensionalem Beschleunigungsmesser. Üblicherweise wird das Gerät am unteren Rücken des Probanden montiert und zeichnet während des TUG Test alle dreidimensionalen (x,y, und z Achse) Beschleunigungskomponenten auf. Nach Aufzeichnung der Parameter können die Rohdaten in der Offline-Datenanalyse weiter evaluiert werden (Jovanov et al., 2017). Dieses macht eine ferngesteuerte Messung auch außerhalb der hausärztlichen Praxis möglich. Mellone und Kollegen gehen noch einen Schritt weiter, indem sie eine sTUG Anwendung entwickelten, um den TUG in der häuslichen Umgebung zu quantifizieren (Mellone, Tacconi, & Chiari, 2012a). Mit Hilfe eines Android-Smartphones (Android 2.3 oder höher) können Elemente des TUGs durch integriertem Beschleunigungsmesser, Gyroskop und Orientierungssensoren gemessen werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Sturzprävention gewinnt in einer alternden Bevölkerung immer mehr an Bedeutung. Aus gesundheitsökonomischer Sicht ist ein sensitives Screening mit körperlichen Leistungstests in der hausärztlichen Praxis unerlässlich, um kostenintensive Verletzungsfolgen frühzeitig zu verhindern. Der TUG Test ist ein verlässlicher und singulärer Parameter, der ohne großen Aufwand zu einer Mobilitätsprüfung herangezogen werden kann. Die Inzidenz für Stürze lag in der großen epidemiologischen Studie KORA bei 18% (148 Gestürzte). Nach Evaluation des Geriatrischen Assessments auf Grundlage der KORA Age 2 Kohorte aus 822 Studienteilnehmern, erwies sich der TUG Test als geeignetes Screening Instrument im Rahmen der hausärztlichen Praxis ($p=0.004$, OR 1.093). Mithilfe einer Risikotabelle erhält der Behandler eine sinnvolle Orientierungshilfe zur Einschätzung des Sturzrisikos älterer Patienten, um sturzgefährdete Personen rechtzeitig zu identifizieren.

So hatten 65-71-Jährige mit einer TUG Zeit von 8.99-9.67 Sekunden ein 84,81% Risiko in den folgenden 12 Monaten zu stürzen. Mit steigender Altersklasse stieg dieses Risiko bei gleicher TUG Zeit auf 142,3% sowie ab einem Alter ab 79 Jahren auf 200%. Im deutschsprachigen Raum finden sich aktuell nur wenige klare Leitlinien zur Bewertung der Sturzgefährdung in Form eines frühen Screenings in der hausärztlichen Tätigkeit. Unsere Erkenntnisse zum TUG Test stützen die aktuelle Studienlage hinsichtlich der guten Vorhersagbarkeit eines Sturzes, und werden durch die Handlungsempfehlung in Form einer Risikoableitung nach Alter und TUG erweitert.

Als künftig nützlich könnten sich die von McGrath et al. körpergetragenen Trägheitssensoren erweisen, die eine objektive Bewertung der Mobilität im Hinblick auf das Sturzrisiko liefern. Trägheitssensoren könnten in diesem Kontext eingesetzt werden, um die Bewertung des Sturzrisikos zu verbessern. Insbesondere im Hinblick auf eine immer größer werdende

Digitalisierung im Gesundheitswesen könnte der iTUG, wie durch Jovanov et al betitelt, oder sTUG, eine TUG Variante für mobile Endgeräte, (Mellone, Tacconi, & Chiari, 2012b), sich als zukunftsweisend und vielversprechend für die frühe Identifizierung von Sturzgefährdeten älteren Menschen erweisen.

Literatur

- Awmf. (2010). Prophylaxe , Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Erwachsenen. *AWMF Online*, 31. Retrieved from http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/183-0011_S3_Osteoporose-Prophylaxe-Diagnostik-Therapie_2018-04.pdf
- Balzer, K., Bremer, M., Schramm, S., & Raspe, H. (2012). Sturzprophylaxe bei älteren Menschen in ihrer persönlichen Wohnumgebung. *Health Technology Assessment (HTA)*, 1(116), 1–610. <https://doi.org/10.3205/hta000099L>
- Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults : a systematic review and meta- analysis. *BMC Geriatrics*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-14>
- Bergert, W., Braun, M., Feßler, J., Hüttner, U., Kluthe, B., Popert, U., ... (PMV), I. S. (2018). Hausärztliche Leitlinie “Geriatrisches Assessment in der Hausarztpraxis” sowie Praxistipps zu geriatrischen Patienten. *AWMF Online*, (Version 1.03), 0–78. Retrieved from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/053-0151_S1_Geriatrisches_Assessment_in_der_Hausarztpraxis_2018-05.pdf
- Beswick, A. D., Rees, K., Dieppe, P., Ayis, S., Gooberman-hill, R., Horwood, J., & Ebrahim, S. (2008). *Complex interventions to improve physical function.pdf*. 725–735. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60342-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60342-6)
- Bilotta, C., Nicolini, P., Casè, A., Pina, G., Rossi, S., & Vergani, C. (2012). Frailty syndrome diagnosed according to the Study of Osteoporotic Fractures (SOF) criteria and adverse health outcomes among community-dwelling older outpatients in Italy. A one-year prospective cohort study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(2).

<https://doi.org/10.1016/j.archger.2011.06.037>

Brach, J. S., & Vanswearingen, J. (2007). *NIH Public Access*. (May 2014).

<https://doi.org/10.1093/gerona/62.9.983>

Butler, A. A., Menant, J. C., Tiedemann, A. C., & Lord, S. R. (2009). *Age and gender differences in seven tests of functional mobility*. 9, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-31>

Cao, C., Schultz, A. B., Ashton-Miller, J. A., & Alexander, N. B. (1998). Sudden turns and stops while walking: kinematic sources of age and gender differences. *Gait & Posture*, 7(1), 45–52. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(97\)00031-3](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(97)00031-3)

Cesari, M., Demougeot, L., Boccalon, H., Guyonnet, S., Abellan Van Kan, G., Vellas, B., & Andrieu, S. (2014). A self-reported screening tool for detecting community-dwelling older persons with frailty syndrome in the absence of mobility disability: The FiND questionnaire. *PLoS ONE*, 9(7), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101745>

Cheng, P. T., Liaw, M. Y., Wong, M. K., Tang, F. T., Lee, M. Y., & Lin, P. S. (1998). The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79(9), 1043–1046. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(98\)90168-X](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(98)90168-X)

Choi, W. J., & Robinovitch, S. N. (2015). *Effects Of Pelvis Impact Angle And Hip Muscle Forces On Hip Fracture Risk During A Fall Using An Advanced Hip Impact Simulator*.

Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 39(4), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>

Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin e.V., (DEGAM). (2004). *Leitlinie Nr. 4: Ältere Sturzpatienten*. (4).

- Feifei Wei, A. L. H. (2014). Gender Difference in Fall among Adults Treated in Emergency Departments and Outpatient Clinics. *Journal of Gerontology & Geriatric Research*, 03(02), 1–8. <https://doi.org/10.4172/2167-7182.1000152>
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., ... Mcburnie, M. A. (2001). Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES America*, 56(3), 146–156. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.M146>
- Ganz, D. A. (2015). *CLINICIAN ' S CORNER Will My Patient Fall ? PATIENT SCENARIO*. 297(1), 77–86.
- Giladi, N., Bloem, B. R., & Hausdorff, J. M. (2007). GAIT DISTURBANCES AND FALLS. In *Neurology and Clinical Neuroscience* (First Edit). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-03354-1.50040-7>
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Wenderoth, N., Van Impe, A., & Swinnen, S. P. (2009). Proprioceptive sensibility in the elderly: Degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(3), 271–278. <https://doi.org/10.1016/J.NEUBIOREV.2008.08.012>
- Greene, B. R., Odonovan, A., Romero-Ortuno, R., Cogan, L., Scanail, C. N., & Kenny, R. A. (2010). Quantitative falls risk assessment using the timed up and go test. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57(12), 2918–2926. <https://doi.org/10.1109/TBME.2010.2083659>
- Guard, J. (2004). WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age. *Journal of Women's History*, 15(4), 117–140. <https://doi.org/10.1353/jowh.2004.0010>
- Hartikainen, S., Lönnroos, E., & Louhivuori, K. (2007). Medication as a risk factor for falls: Critical systematic review. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and*

Medical Sciences, 62(10), 1172–1181. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.10.1172>

Herman, T., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2011). Properties of the “Timed Up and Go” test: More than meets the eye. *Gerontology*, 57(3), 203–210. <https://doi.org/10.1159/000314963>

Higashi, Y., Yamakoshi, K., Fujimoto, T., Sekine, M., & Tamura, T. (2008). Quantitative evaluation of movement using the timed up-and-go test. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 27(4), 38–46. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2008.919494>

Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 89(2), 465–471. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.119925>.

Jovanov, E., Frith, K. H., Madhushri, P., Hunter, A., Coffey, S. S., & Milenkovic, A. (2017). Gender Differences in Mobility of Elderly: Measurements and Interventions to Improve Mobility. In *Principles of Gender-Specific Medicine: Gender in the Genomic Era: Third Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803506-1.00054-1>

Junius-Walker, U., & Krause, O. (2016). Geriatrisches Assessment - Welche Tests eignen sich für die Hausarztpraxis? *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 141(3), 165–169. <https://doi.org/10.1055/s-0041-109103>

Kalyani, R. R., Corriere, M., & Ferrucci, L. (2014). Age-related and disease-related muscle loss: The effect of diabetes, obesity, and other diseases. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 2(10), 819–829. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70034-8](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70034-8)

Kojima, G. (2016). Frailty as a predictor of fractures among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. *Bone*, 90, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.06.009>

Lamb, S. E., Jørstad-Stein, E. C., Hauer, K., & Becker, C. (2005). Development of a common

- outcome data set for fall injury prevention trials: The Prevention of Falls Network Europe consensus. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(9), 1618–1622.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53455.x>
- Lindemann, U., Scheible, S., Sturm, E., Eichner, B., Ring, C., Najafi, B., ... Becker, C. (2003). Elevated heels and adaptation to new shoes in frail elderly women. *Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie*, 36(1), 29–34. <https://doi.org/10.1007/s00391-003-0133-x>
- Liu-ambrose, T., Davis, J. C., Hsu, C. L., Gomez, C., Vertes, K., Marra, C., ... Dian, L. (2015). Action Seniors ! - secondary falls prevention in community-dwelling senior fallers : study protocol for a randomized controlled trial. ???, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0648-7>
- Maki, B. E. (1997). *Gait Changes in Older Adults : Predictors of Falls or Indicators of Fear ?* 313–320.
- McGrath, D., Greene, B. R., Walsh, C., & Caulfield, B. (2011). Estimation of minimum ground clearance (MGC) using body-worn inertial sensors. *Journal of Biomechanics*, 44(6), 1083–1088. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.01.034>
- McInnes, L., Gibbons, E., & Chandler-Oatts, J. (2005). Clinical Practice Guideline for the Assessment and Prevention of Falls in Older People. In *Worldviews on Evidence-Based Nursing* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1111/j.1524-475x.2005.04094.x>
- Mellone, S., Tacconi, C., & Chiari, L. (2012a). Validity of a Smartphone-based instrumented Timed Up and Go. *Gait and Posture*, 36(1), 163–165.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.006>
- Mellone, S., Tacconi, C., & Chiari, L. (2012b). Validity of a Smartphone-based instrumented Timed Up and Go. *Gait & Posture*, 36(1), 163–165.
<https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2012.02.006>

- NICE. (2013). *Falls Assessment and prevention of falls in older people. NICE clinical guideline 161 Developed by the Centre for Clinical Practice at NICE.* (June), 315. <https://doi.org/10.1039/c6an00370b>
- Nordin. (2006). Timed “Up & Go” Test: Reliability in Older People Dependent in Activities of Daily Living— Focus on Cognitive State. *Physical Therapy*, 86(5). <https://doi.org/10.1093/ptj/86.5.646>
- Onsch, A. N. U. M., Versen, M. A. D. I., Ischoff, H. E. A. B., Ta, H. A. B. S., Eyh, A. N. W., Echend, M. A. V. O. N. D., ... Onzelmann, M. A. C. (2003). Identifying a cut-off point for normal mobility : a comparison of the timed ‘ up and go ’ test in community-dwelling and institutionalised elderly women. *Age and Ageing*, 32(3), 315–320.
- Peters, A., Döring, A., Ladwig, K. H., Meisinger, C., Linkohr, B., Autenrieth, C., ... Holle, R. (2011). Multimorbidität und erfolgreiches Altern: Ein Blick auf die Bevölkerung im Rahmen der KORA-Age-Studie. *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 44 Suppl 2, 41–54. <https://doi.org/10.1007/s00391-011-0245-7>
- Peters, Annette. (2015). Der KORA-Age 2 Verbund : Längsschnittstudien zur Erforschung des erfolgreichen Alterns und zur Vorbeugung der Gebrechlichkeit im. *Institut Für Epidemiologie II, Helmholtz Zentrum München*, (Abschlussbericht KORA-Age 2 Förderkennzeichen 01ET1003A), 1–85.
- Pettersson, A. F., Engardt, M., & Wahlund, L. O. (2002). Activity level and balance in subjects with mild Alzheimer’s disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 13(4), 213–216. <https://doi.org/10.1159/000057699>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). *The Timed*. 142–148.
- Sai, A. J., Gallagher, J. C., Smith, L. M., & Logsdon, S. (2010). *Fall predictors in the community dwelling elderly : A cross sectional and prospective cohort study*. 10(2), 142–

150.

- Scott, V., Votova, K., Scanlan, A., & Close, J. (2007). Multifactorial and functional mobility assessment tools for fall risk among older adults in community, home-support, long-term and acute care settings. *Age and Ageing*, 36(2), 130–139. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl165>
- Strobl, R., Müller, M., Emeny, R., Peters, A., & Grill, E. (2013). Distribution and determinants of functioning and disability in aged adults - Results from the German KORA-Age study. *BMC Public Health*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-137>
- Studenski, S., Perera, S., & Wallace, D. (2003). *Physical Performance Measures in the Clinical Setting*. 314–322.
- Summary of the Updated American Geriatrics Society / British Geriatrics Society Clinical Practice Guideline for Prevention of Falls in Older Persons*. (2010). <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03234.x>
- Talbot, L. A., Musiol, R. J., Witham, E. K., & Metter, E. J. (2005). Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: Perceived cause, environmental factors and injury. *BMC Public Health*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-5-86>
- Theile, G., Winter, A., Hummers-Pradier, E., & Junius-Walker, U. (2012). Das geriatrische Basisassessment in der Hausarztpraxis Use and acceptance of a basic geriatric assessment in primary care setting. *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 45(4), 323–332. <https://doi.org/10.1007/s00391-011-0265-3>
- Verghese, J., Holtzer, R., Lipton, R. B., & Wang, C. (2009). *Quantitative Gait Markers and Incident Fall Risk in Older Adults*. 64(8), 896–901. <https://doi.org/10.1093/gerona/glp033>
- Viccaro, L. J. (2011). Is Timed Up and Go Better Than Gait Speed in Predicting Health, Function, and Falls in Older Adults? *J Am Geriatric Soc.*, 59(5), 887–892.

<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03336.x>.Is

Wayne Dite, BAppSci, GradDip, V. A. (2002). *DiteW.2002-Stepping&ChangeDirection-APMR_83_p.1566-1571.pdf*.

Winter, D. A. (1992). Foot Trajectory in Human Gait: A Precise and Multifactorial Motor Control Task. *Physical Therapy*, 72(1), 45–53. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.1.45>

World Health Organization. (2004). What are the main risk factors for falls amongst older people and what are the most effective interventions to prevent these falls? *Health Evidence Network*, (March).

Zampieri, C., Salarian, A., Carlson-kuhta, P., Aminian, K., John, G., & Horak, F. B. (2010). The instrumented Timed Up and Go test Potential outcome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 81(2), 171–176. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2009.173740>

Ziere, G., Dieleman, J. P., Hofman, A., Pols, H. A. P., Van Der Cammen, T. J. M., & Stricker, B. H. C. (2006). Polypharmacy and falls in the middle age and elderly population. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 61(2), 218–223. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2005.02543.x>

Danksagung

Mein vornehmlicher und herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Michael Drey, für die exzellente Betreuung dieser Arbeit. Sein Rat und seine Unterstützung waren für mich bei jedem Schritt dieses Projektes von unschätzbarem Wert. Ohne den konstruktiven Austausch mit ihm und die regelmäßigen Gespräche auf fachlicher und persönlicher Ebene wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt ferner meiner Betreuerin, Frau Dr. Uta Ferrari, für die mühevollen und stets aufmerksame Begleitung während aller Etappen meiner Arbeit. Ihre wissenschaftliche Betreuung, ihr Beitrag zur Organisation und Koordinierung, sowie ihre Hilfestellung bei statistischen Themen waren mir eine enorme Unterstützung.

Mein Dank gilt auch Frau Dr. Barbara Thorand des Helmholtz Instituts, für ihren wertvollen Input und den regelmäßigen Austausch. Ebenso möchte ich mich an dieser Stelle für die enge Zusammenarbeit und Bereitstellung der Datenbank dem Institut für Epidemiologie des Helmholtz Zentrums München bedanken. Ferner bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des KORA Studienzentrums, die diese Daten erhoben haben.

Mein außerordentlicher Dank gilt meinen Eltern, Süleyman und Ilona Selte, deren Unterstützung und Hilfe ich mir Zeit meines Lebens stets gewiss sein konnte und ohne deren Einsatz und Aufopferung meine medizinisch-berufliche Existenz, die vorliegende Arbeit eingeschlossen, nicht vorstellbar gewesen wäre.

Tief verbunden und dankbar bin ich meinem Freund, Dr. Julian Marcon, für seinen moralischen Beistand und menschlichen Halt, die mir die Kraft und Mut zur Anfertigung und Vollendung meiner Dissertation gegeben haben.

Eidesstattliche Versicherung

Selte, Canan Cansu 14.11.1991

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

Geriatrisches Assessment als Indikator für Stürze im Alter:

Ergebnisse der KORA Age Studie

Selbstständig verfasst, mich außer angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schriftum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 02.11.2021

Canan Cansu Selte

Ort, Datum

Unterschrift Doktorand