

Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel (BPLS) und Stürze im Alter

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Karen Jasmin Kane

geb. Krieger

aus Siegen

2024

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Michael Heneka
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Ullrich Wüllner

Tag der Mündlichen Prüfung: 31.05.2024

Aus dem Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE)
und der Klinik für Geriatrie mit Neurologie der Johanniter Kliniken Bonn (JKB)
Krankenhaus Bonn
Chefarzt Prof. Dr. A.H. Jacobs

Für Naoko

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	6
1.	Deutsche Zusammenfassung	7
1.1	Einleitung	7
1.2	Material und Methoden	12
1.3	Ergebnisse	14
1.4	Diskussion	22
1.5	Limitationen	27
1.6	Zusammenfassung	27
1.7	Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung	29
2.	Veröffentlichung	34
	Abstract	34
	Introduction	34
	Materials and Methods	36
	Results	36
	Discussion	39
	Limitations	40
	Conclusions	40
	References	41
3.	Danksagung	42

Abkürzungsverzeichnis

BPLS	Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel
CCI	Charlson-Komorbiditätsindex (Charlson Comorbidity Index)
CRM	Kanalrepositionsmanöver (canalith repositioning maneuvers)
DD	Differentialdiagnosen
KHK	Koronare Herzkrankheit
Männl./M	Männlich
MS	Multiple Sklerose
MSA	Multisystematrophie
PNP	Polyneuropathie
SAB	Subarachnoidalblutung
SAE	Subkortikale arteriosklerotische Enzephalopathie
VHF	Vorhofflimmern
Weibl./W	Weiblich
ZNS	Zentrales Nervensystem

1. Deutsche Zusammenfassung

1.1 Einleitung

1.1.1 Schwindel und Gangunsicherheit im Alter

Schwindel und Gangunsicherheit sind typische Beschwerden des alten Menschen und gehören zu den häufigsten Symptomen des geriatrischen Syndroms. Ebenso führen Stürze und die damit einhergehenden Frakturen oder Verletzungen, als auch Immobilität zu körperlichen Einschränkungen und einer verringerten Lebensqualität im Alter (Jahn et al., 2015). Der Bewegungsapparat mit dem Pyramidaltrakt, dem nigrostriatalen und zerebellären System, bildet zusammen mit der Propriozeption, dem visuellen sowie dem vestibulären System die wesentlichen Parameter der motorischen Kontrolle. Dies ist zur deutlicheren Veranschaulichung in Abbildung 1 dargestellt. Zusätzlich wird das motorische Kontrollsystem noch durch kardiovaskuläre Krankheitsbilder sowie durch im Alter auftretende degenerative Erkrankungen der Knochen und Gelenke negativ beeinflusst. Balance und motorische Kontrolle werden hingegen hauptsächlich von dem vestibulären System beeinflusst. Erkrankungen des vestibulären Systems, welche häufiger in höherem Alter auftreten, können zu Schwindel und Gangunsicherheit führen. Daraus erhöht sich ebenfalls das Risiko für Sturzereignisse mit fortschreitendem Alter (Chau et al., 2015; Jahn et al., 2015).

Die sich daraus ergebende Lebenszeitprävalenz einer Schwindelerkrankung oder durch Schwindel verursachte Beschwerden liegt bei bis zu 30 % in der Gesamtbevölkerung (Feil et al., 2018; Iwasaki et al., 2015). In Altersgruppen unterteilt ergibt sich z.B. eine Prävalenz von 20 % bei den über 60-jährigen Patient*innen, welche aufgrund einer Schwindelsymptomatik bei einem Arzt vorstellig werden. Bei den über 70-jährigen steigt die Prävalenz auf > 30 % und im Alter von über 80 Jahren auf > 50 %. Zusätzlich dazu haben Bewohner*innen in Altersheimen oder Pflegeeinrichtungen eine Prävalenz von > 70 % für Schwindel und sogar ohne Schwindelsymptomatik besteht das Risiko eines Sturzes im Altersheim von > 50% pro Jahr (Jahn et al., 2015). Aufgrund der hohen Prävalenz von Schwindel und Gleichgewichtsstörungen kommt es zur häufigen Vorstellung der älteren Bevölkerung in unterschiedlichen medizinischen Fachabteilungen.

Dadurch kommt es zu vielen verschiedenen, fachspezifischen Untersuchungen mit den folglich entstehenden hohen Kosten für das Gesundheitssystem (Feil et al., 2018).

1.1.2 Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel

Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel, im Folgenden als BPLS bezeichnet, ist einer der vielen unterschiedlichen Gründe für Schwindel im Alter und mit einer Lebenszeitprävalenz von 2,4 % der häufigste periphere vestibuläre Schwindel. Bei Frauen tritt BPLS durchschnittlich doppelt so häufig auf wie bei Männern (Frauen 3,2 %, Männer 1,6 %) (von Brevern et al., 2007; Yu et al., 2014). Auch korreliert die Häufigkeit mit dem Alter, denn die Jahresprävalenz von BPLS ist bei den über 60-Jährigen, im Vergleich zu der Bevölkerungsgruppe der 18-39-Jährigen, siebenfach höher (Chau et al., 2015). Trotzdem können Patient*innen jeglichen Alters an BPLS erkranken. Das Risiko ist dennoch in der Altersgruppe der 50-70-Jährigen am größten (Hilton et al., 2014). In der geriatrischen Bevölkerung treten im Vergleich gehäuft Schwindel (> 60 %) und Gleichgewichtsstörungen (> 75 %) auf. In dieser Bevölkerungsgruppe kann die Prävalenz für BPLS bei bis zu 9 % liegen (Oghalai et al., 2000).

Die von BPLS betroffenen Patient*innen klagen typischerweise nach Positionswechseln oder ruckartigen Kopfbewegungen über kurze und vor allem heftige Drehschwindelattacken. Zeitgleich tritt ein transienter Nystagmus auf, welcher für ca. 10-20 Sekunden anhält. Diese Schwindelart sistiert in den meisten Fällen von alleine (Strupp et al., 2009). Zusätzlich auftretende Symptome wie ein einsetzender Tinnitus oder kurzzeitige Hörminderung sprechen wiederum gegen das Vorliegen eines BPLS (Bressi et al., 2017). Auslöser für eine Schwindelattacke sind vor allem schnelle oder ruckartige Bewegungen des Kopfes sowie die Beugung und Streckung, z.B. beim Aufrichten aus liegender Position aus dem Bett. Ebenfalls berichten Patient*innen über das vermehrte Auslösen der Attacken beim Umdrehen in liegender Position, beim Aufstehen oder der Blickwendung in Richtung Decke oder Boden (Furman et al., 1999; Parnes et al., 2003; von Brevern et al., 2007). Der daraus resultierende Schwindel kann so stark ausgeprägt sein, dass Übelkeit bis hin zu Erbrechen eintritt (Hilton et al., 2014; Jahn et al., 2015).

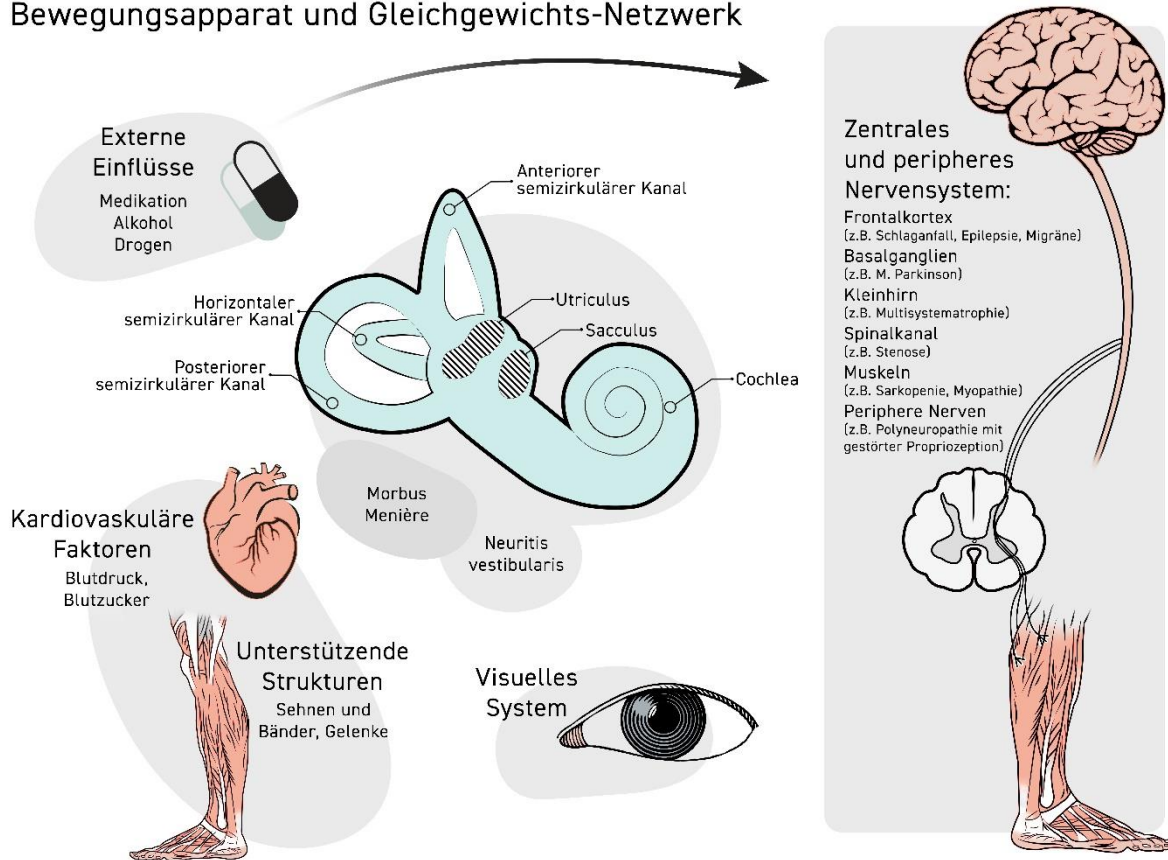
1.1.3 Differentialdiagnosen

Andere Ursachen sowie die verschiedenen Differentialdiagnosen von BPLS sind vielfältig. Unter anderem können sich Schlaganfälle, Schädel-Hirn-Traumata, Entzündungen (Neuritis vestibularis, Labyrinthitis) oder ein M. Menière ähnlich manifestieren. Auch nach chirurgischen Eingriffen am Innenohr, langen Liegezeiten, z.B. im Rahmen eines stationären Aufenthaltes oder durch Schwindel induzierende Medikation können BPLS-ähnliche Symptome auftreten (Feil et al., 2018; Hilton et al., 2014; Strupp et al., 2011). Ebenfalls wird in der Literatur ein Zusammenhang mit Hörverlust, Migräne und dem durch Diabetes mellitus verursachten Verlust der Propriozeption beschrieben (Ogun et al., 2014). Auch Epilepsie oder Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems (z.B. Arrhythmien, Vorhofflimmern, Synkopen) können differentialdiagnostisch Schwindel verursachen. Ein erhöhtes Risiko für Stürze kann durch die im Alter vermehrt vorkommende Degeneration sowie Erkrankungen der Sehnen und Gelenke (z.B. Arthrose), neben Schwindel als eine der Hauptursachen entstehen. Des Weiteren können Stürze durch verschiedene Erkrankungen des zentralen Nervensystems (ZNS), mit Verlust des Feedback-Control- und des motorischen Kontrollsystems, vermehrt auftreten. In Abbildung 1 sind die Differentialdiagnosen zum besseren Verständnis zusammenfassend bildlich dargestellt.

Abb. 1: Differentialdiagnosen von benignem paroxysmalen Lagerungsschwindel

Die Differentialdiagnosen von BPLS

Bewegungsapparat und Gleichgewichts-Netzwerk



Die hier gezeigte Abbildung 1 haben wir an die ursprüngliche Abbildung von Snijders et al. (2007) angelehnt und aus dem Englischen modifiziert nach Krieger et al. (2022). Sie zeigt eine grafische Darstellung der verschiedenen Differentialdiagnosen (DD) von BPLS. Diese Schwindelart führt häufig zu Stürzen aufgrund von Schwindel und damit einhergehender Gangunsicherheit. Unsere Grafik stellt das Innenohr mit dem vestibulären System und den semizirkulären Kanälen sowie Sacculus und Utriculus dar. Um das vestibuläre System herum sind die Ursachen für vestibulären Schwindel (BPLS, Morbus Menière und Neuritis vestibularis) sowie verschiedene Ursachen für anderweitigen Schwindel angeordnet. Dazu gehören Erkrankungen des zentralen sowie des peripheren Nervensystems, des kardiovaskulären Systems, des Bewegungsapparats, der Augen und ebenso externe Einflüsse.

1.1.4 Pathophysiologie

Im Innenohr erfolgt die Bestimmung der Schwerkraft und der linearen Beschleunigung. Dies geschieht durch die im Sacculus und Utriculus lokalisierte Otolithen (Brandt et al., 2014; D'Silva et al., 2017). Bei Otolithen handelt es sich um Kristalle aus

Calciumcarbonat, auch Otoconia genannt. Diese sind in der Macula utriculi und Macula sacculi organisiert. Im Gegensatz dazu wird die Drehbeschleunigung durch das semizirkuläre System, bestehend aus insgesamt sechs Kanälen (jeweils drei pro Seite), im Innenohr gemessen (Brandt et al., 2014). Aufgrund von Ablösung der Otolithen mit anschließender Dislokation in die semizirkulären Kanäle kommt es zu einer neuralen Aktivierung mit daraus resultierender Simulation einer stattfindenden Drehbeschleunigung (Chau et al., 2015). Der Pathomechanismus kann dabei entweder indirekt oder direkt erfolgen. Indirekt wird durch freie Otolithen in den semizirkulären Kanälen die Endolymphe, welche das komplette Innenohr ausfüllt, in Bewegung versetzt. Dadurch kommt es zu einer Stimulation der in den semizirkulären Kanälen befindlichen Cupulae, welche für die Bestimmung der Drehbeschleunigung zuständig sind. Im zweiten Fall erfolgt durch die Anlagerung der Otolithen an die Cupulae eine direkte Stimulation. Aus dieser Stimulation resultieren die für BPLS typischen Beschwerden, einhergehend mit Schwindel und Übelkeit. Infolge der Asymmetrie zwischen dem durch Otolithen stimulierten semizirkulären Kanal des einen und dem nicht-stimulierten Kanal des Innenohrs der anderen Seite, tritt zusätzlich der für den BPLS typische Nystagmus auf (Cohen et al., 2010; D'Silva et al., 2017; Michael et al., 2016). Das Risiko an BPLS zu erkranken korreliert statistisch mit steigendem Alter (Jahn et al., 2015). Am häufigsten betroffen von der Stimulation durch losgelöste Otolithen sind mit > 90 % die posterioren, semizirkulären Kanäle. Auch ist das rechte Innenohr öfter betroffen als das linke. Der horizontale Kanal ist nur in ca. 8 % der Fälle betroffen, der anteriore deutlich seltener. Es können durch die Verbindung der Kanäle einer Seite auch mehrere Kanäle parallel betroffen sein (Yu et al., 2014).

1.1.5 Diagnostische und therapeutische Manöver

Es gibt drei verschiedene Detektionsverfahren zur Diagnose von benignem paroxysmalen Lagerungsschwindel. Goldstandard für den posterioren Kanal ist der Dix-Hallpike Test, welcher bereits 1952 entwickelt wurde (Bressi et al., 2017). Alternativ dazu bietet der Test in Seitenlage (Side-Lying Test) eine weitere Möglichkeit bei älteren Patient*innen mit körperlichen Einschränkungen, wie Übergewicht oder muskuloskelettalen Erkrankungen, zum Nachweis bei betroffenen, posterioren Kanälen

(Cohen, 2004). Für den horizontalen Kanal eignet sich vor allem der Supine Roll Test (Test in Rückenlage) (Chau et al., 2015). Zur Therapie wurden verschiedene, sogenannte Kanalrepositionsmanöver (CRM), z.B. Epley, Gufoni und Barbecue, angepasst an den betroffenen Kanal entwickelt (Kim et al., 2017; Strupp et al., 2009).

Mit unserer Studie wollen wir den möglichen Zusammenhang zwischen Stürzen in der Altersgruppe der geriatrischen Patient*innen in Bezug auf BPLS erfassen.

1.2 Material und Methoden

1.2.1 Ethische Begutachtung

Das Studienprotokoll wurde von der Ethik-Kommission der Universität Bonn mit dem Aktenzeichen 378/19 am 31.10.2019 genehmigt.

1.2.2 Patient*innen und Studienprotokoll

Die Untersuchungen sowie die Behandlungen wurden in der Klinik für Geriatrie mit Neurologie am Johanniter Krankenhaus Bonn durchgeführt. Der Zeitraum wurde von 05/2015 bis 03/2018 zeitlich begrenzt. In die Studie wurden alle Patient*innen eingeschlossen, die in diesem Zeitraum auf die geriatrische Station aufgenommen wurden (Geriatrische Gruppe). Die Kontrollgruppe wurde aus Patient*innen gebildet, welche aus einer anderen Fachabteilung fachübergreifend eine neurologische Untersuchung aufgrund von Schwindelsymptomatik erhielten. In die geriatrische Gruppe wurden alle Patient*innen > 70 Jahren mit Multimorbidität inkludiert, oder Patient*innen < 70 Jahren mit multiplen geriatrischen Vorerkrankungen und einem daraus resultierenden stationären Aufenthalt. Alle Patient*innen wurden ausführlich zu ihrem bestehenden Schwindel befragt und anschließend untersucht. Somit erfolgte eine Einteilung des Schwindels in drei Kategorien, bestehend aus Drehschwindel, Schwankschwindel und Schwindel anderer Art. Die Patient*innen mit einer positiven Anamnese für BPLS erhielten zusätzlich eine ausführliche neurologische Untersuchung inklusive eines Dix-Hallpike Manövers. Es wurde von den positiven Patient*innen prozentual auf die gesamte Patient*innenpopulation geschlossen. Im Verlauf wurden die Patient*innen mit einem

diagnostizierten BPLS in einem der posterioren Kanäle mittels eines Repositionsmanövers, in diesem Fall dem Epley-Manöver, therapiert. Bei positiver Testung auf einen der horizontalen Gänge wurden das Gufoni, bzw. das Barbecue Manöver angewendet. Zusätzlich haben wir mit Hilfe des Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) eine genauere Einteilung der Multimorbidität erstellt. Diese erfolgte durch eine zielgerichtete Anamnese, die genaue Erfassung von Krankheitsverläufen und geriatrischer Krankheitsbilder. Alle Patient*innendaten wurden zur statistischen Analyse und Auswertung der klinischen Daten anonymisiert.

1.2.3 Diagnose, Behandlung und Nachsorge

Um unseren Patient*innen die korrekte Therapie des betroffenen semizirkulären Kanals zu ermöglichen, legten wir bereits ein besonderes Augenmerk auf die genaue Diagnostik. Bei Patient*innen mit BPLS der posterioren Kanäle waren das Dix-Hallpike Manöver oder der Test in Seitenlage positiv, Patient*innen mit betroffenen horizontalen Kanälen zeigten Reaktion auf die Kopfdrehung im Liegen (Supine-Roll-Test).

Das Dix-Hallpike Manöver wird ausgeführt, indem der Kopf der Patient*innen im Sitzen um 45° gedreht wird. Somit liegt der posteriore Kanal der Seite, zu welcher der Kopf gedreht wurde, genau in der sagittalen Ebene bei Rückwärtsbewegung des Kopfes. Durch dieses Manöver bis hin zur Überstreckung des Kopfes nach hinten gerät die Endolymphe in Bewegung. Es folgt die indirekte oder direkte Stimulation mit anschließender Signalweiterleitung. Dies führt bei den Betroffenen zu den für BPLS typischen Beschwerden mit Nystagmus sowie Drehschwindelattacken und daraus resultierender Übelkeit (Feil et al., 2018). Bei Patient*innen, die aufgrund von Übergewicht oder körperlichen Einschränkungen nicht in der Lage sind dieses Manöver standardgemäß durchzuführen, gibt es den Test in Seitenlage. Dabei wird der Kopf ebenfalls im Sitzen um 45° entgegengesetzt des zu untersuchenden posterioren Kanals gedreht und der Oberkörper passiv in Richtung der zu untersuchenden Seite bewegt (Cohen, 2004). Das dritte von uns durchgeführte, diagnostische Manöver war das Supine-Roll-Manöver. Bei diesem liegen die Patient*innen auf dem Rücken mit einem zur Brust geneigten Kopf in 30° Beugung. Daraufhin wird der Kopf zur Provokation der horizontalen Kanäle um jeweils

90° nach rechts und links gedreht (Chau et al., 2015; Im et al., 2017; Kim et al., 2017; Michael et al., 2016). Der bei positivem Manöver ausgeprägte Nystagmus wird mittels einer Frenzel Brille bestimmt. Auch gibt es weitere Methoden zum Nachweis, wie z.B. die Video-Okulographie (Schmid-Priscoveanu et al., 1999). Patient*innen, bei denen der Schwindel und Nystagmus länger als 60 Sekunden anhielten, wurden von der Studie ausgeschlossen. Ebenso wurden Patient*innen mit nicht eindeutigem Nystagmus oder spontaner Remission bereits vor den Repositionsmanövern exkludiert (Fife et al., 2008). Zusätzlich schlossen wir die Diagnostik und Therapie der anterioren Kanäle aus der Studie aus, da wir in den diagnostischen Manövern keinen betroffenen anterioren Kanal nachweisen konnten. Zudem wird in Studien beschrieben, dass BPLS der anterioren Kanäle äußerst selten ist (Yacovino et al., 2009).

Zur Therapie wurden bei den posterioren Kanälen das Epley Manöver und bei den horizontalen Kanälen das Barbecue oder Gufoni Manöver angewendet (Rainer et al., 2017). Unser Ziel war es durch diese Manöver die dislozierten Otolithen aus den semizirkulären Kanälen heraus und zurück in Sacculus und Utriculus zu befördern.

1.2.4 Statistische Auswertung

Für die statistische Analyse und Auswertung haben wir Excel 2010 (Microsoft, USA) und SPSS (IBM SPSS Statistics by IBM) verwendet. Die Parameter Alter, Geschlecht, Einweisungs- und Entlassungsdiagnosen, die verschiedenen Schwindeltypen sowie die unterschiedlichen Diagnosen in Hinsicht auf Multimorbidität, auch inklusive Arzneimittel, wurden ebenfalls erhoben und analysiert. Die Ergebnisse wurden als Mittelwert (M) mit der jeweiligen Standardabweichung erfasst. Der Wilcoxon Test wurde für das Alter verwendet. Der Exakte Test nach Fisher wurde zum statistischen Vergleich zwischen den beiden Gruppen (Geriatrische Gruppe und Kontrollgruppe) angewendet. Bei $p \leq 0.05$ wurden die Ergebnisse als signifikant betrachtet.

1.3 Ergebnisse

1.3.1 In der Gruppe geriatrischer Patient*innen beträgt die Prävalenz von BPLS 1-2 %

Wir haben für die Studie insgesamt 5166 Patient*innen im Zeitraum von Mai 2015 bis März 2018 untersucht. Diese wurden in zwei Gruppen eingeteilt, abhängig von der stationären Behandlung. Die geriatrische Gruppe beinhaltete 2651 auf der geriatrischen Station behandelte Patient*innen. Die Kontrollgruppe hingegen bestand aus 2515 Patient*innen aus anderen Abteilungen mit neurologischen Fragestellungen und fachübergreifenden, neurologischen Untersuchungen. Insgesamt zeigten 254 Patient*innen (4.9 %; Altersspanne 20-96 Jahre) aus der gesamten Studienpopulation anamnestische Hinweise auf einen BPLS. Von dieser Gruppe konnten wir, abzüglich der Ausschlusskriterien, bei insgesamt 71 Patient*innen eine Erkrankung mit BPLS diagnostizieren. Somit ergab sich eine Prävalenz der Studienpopulation von 1,4 % (71/5166), mit 1,5 % (39/2651) innerhalb der geriatrischen und 1,3 % (32/2515) innerhalb der Kontrollgruppe. In Tabelle 1 sind zur besseren Veranschaulichung die demographischen Merkmale aller Patient*innen aufgeführt.

Tab. 1: Demographische Merkmale aller Patient*innen mit anamnestischen Hinweisen und dem Nachweis von BPLS. Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

Parameter	Hinweis BPLS N=254	Nachweis BPLS N=71	Geriatrische Gruppe N=39	Kontrollgruppe N=32	p-Wert
Alter (Jahren)	75.1 ± 14.5 (20-96 Jahre)	78.4 ± 12.3 (20-96 Jahre)	82.0 ± 7.7* (51-96 Jahre)	73.9 ± 15.2* (20-90 Jahre)	0.002*
weibl.:männl.	188:66 (74.0% weibl.)	58:13 (81.7% weibl.)	32:7 (82.1% weibl.)	26:6 (81.3% weibl.)	1.0

* Signifikanter Unterschied des Alters zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

BPLS: Benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel

1.3.2 Charakteristische Eigenschaften der Studienpopulation mit dem Hinweis auf und dem Nachweis von BPLS

Der prozentuale Anteil der Frauen war mit 74 % (N=188, mittleres Alter 76 ± 13.7 , 20-95 Jahre) deutlich höher als der, der Männer mit 26 % (N=66, mittleres Alter 72.6 ± 16.3 , 23-96 Jahre) aus der Studiengruppe der Patientin mit positiver Anamnese für BPLS (N=254, mittleres Alter 75.1 ± 14.5 Jahre). Signifikant älter war die Gruppe der Patient*innen aus der geriatrischen Abteilung (N=133; 52 %; 97 W, 36 M, mittleres Alter 81.4 ± 7.7 , 51-96 Jahre) im Gegensatz zu denen der anderen Abteilungen (N=121; 48 %, 91 W, 30 M, mittleres Alter 68.3 ± 16.9 [$p \leq 0.05$], 20-95 Jahre).

Bei 71 von diesen 256 Patient*innen (28 %, 58 W, 13 M, mittleres Alter 78.4 ± 12.3 , 20-96 Jahre) konnten wir das Vorliegen von BPLS durch diagnostische Manöver nachweisen. Im Gegensatz zum Altersunterschied zwischen den zwei Gruppen gab es keinen signifikanten Altersunterschied zwischen den beiden Geschlechtern (W: N=58; 81.7 %; 78.4 ± 12.4 ; 20-93 Jahre/ M: N=13; 18.3 %; 78.2 ± 12.1 ; 44-96 Jahre). Die endgültigen Studiengruppen setzten sich schließlich aus den 71 Patient*innen mit dem klinischen Nachweis von BPLS zusammen. Hier zeigte sich, dass die 32 Patient*innen (45 %) der Kontrollgruppe (mittleres Alter 73.9 ± 15.2 [$p \leq 0.05$], 20-90 Jahre) signifikant jünger waren, als die 39 Patient*innen der geriatrischen Gruppe (55 %, mittleres Alter 82.0 ± 7.7 , 51-96 Jahre) (Tabelle 1, Abbildung 2).

Abb. 2: Flussdiagramm zur Darstellung der einzelnen Phasen unserer Studie

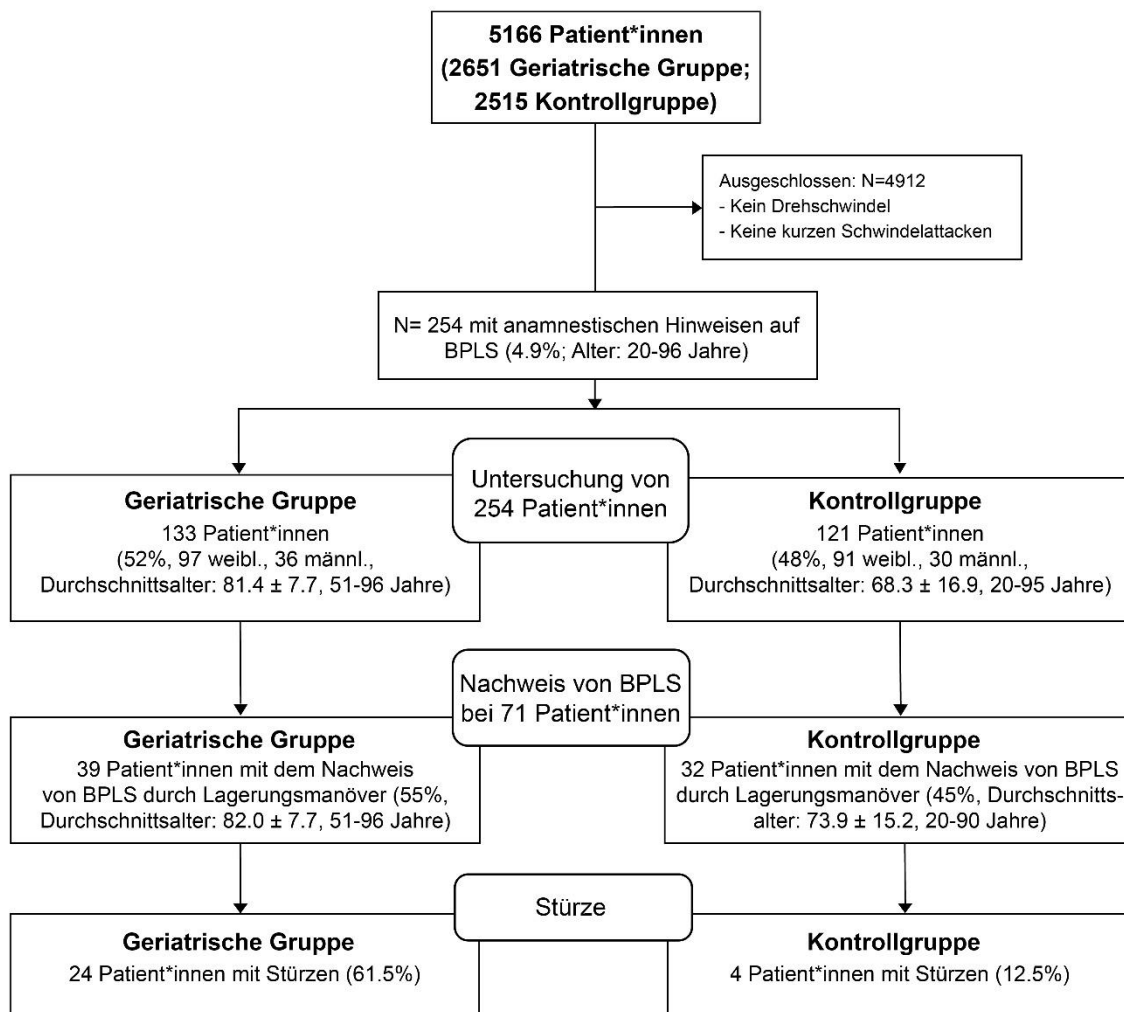


Abbildung 2 zeigt ein Flussdiagramm, angeordnet als CONSORT Modell, welches die einzelnen Phasen und den Verlauf unserer Studie darstellt. Außerdem werden die Unterschiede in den verschiedenen Gruppen hervorgehoben. Links wird die geriatrische, rechts die Kontrollgruppe gezeigt. In der letzten Zeile wird die Sturzprävalenz zwischen beiden Gruppen im direkten Vergleich gezeigt. Aus dem Englischen modifiziert nach Krieger et al., 2022.

1.3.3 Verschiedene Ursachen des Krankenhausaufenthaltes

Ebenfalls analysierten wir die verschiedenen Diagnosen, mit welchen sich die jeweils 71 Patient*innen bei stationärer Aufnahme vorstellten. Dabei fiel auf, dass ein Großteil der Patient*innen über Schwindel sowie Gangunsicherheit klagte. Im Gegensatz zu der jüngeren Kontrollgruppe, in welcher der häufigste Grund der Aufnahme Schwindel (56,2 %) war, waren die Hauptaufnahmediagnosen in der geriatrischen Gruppe Gangunsicherheit und Stürze (33,3 %). Die Anzahl der Patient*innen der Kontrollgruppe, die sich mit Schwindel zur neurologischen Untersuchung vorstellten, war signifikant höher als die der geriatrischen Gruppe. Im Gegensatz dazu war die Anzahl der Frakturen und Prellungen (17,9 %) in der geriatrischen Gruppe höher, wodurch deutlich wurde, dass Patient*innen dieser Gruppe anfälliger für Stürze und daraus resultierenden Verletzungen waren. Eine Zusammenfassung mit den weiteren Aufnahmediagnosen wie z.B. reduzierter Allgemeinzustand, Synkope, kardiale Dekompensation und Infarktgeschehen wurde in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Ursachen des Krankenhausaufenthaltes. Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

Medizinische Ursachen für einen Krankenhausaufenthalt	Nachweis BPLS N=71	Geriatrische Gruppe N=39	Kontrollgruppe N=32	p-Wert
Schwindel	27 (38.0%)	9 (23.1%)	18 (56.2%)	0.007*
Gangunsicherheit/ Stürze	17 (24.0%)	13 (33.3%)	4 (12.5%)	0.052
Reduzierter Allgemeinzustand	8 (11.3%)	4 (10.3%)	4 (12.5%)	1.0
Fraktur/ Prellung	8 (11.3%)	7 (17.9%)	1 (3.1%)	0.065
Synkope	5 (7.0%)	3 (7.7%)	2 (6.3%)	1.0
Kardiale Dekompensation	4 (5.6%)	2 (5.1%)	2 (6.3%)	1.0
Hirnfarkt	2 (2.8%)	1 (2.6%)	1 (3.1%)	1.0

* Signifikanter Unterschied zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

3.4 Diagnostik

Die posterioren Kanäle waren mit 91,9 % ($p \leq 0.05$) signifikant häufiger betroffen als die horizontalen. Außerdem zeigte sich ein häufigeres Auftreten rechtsseitig (56.8 % aller posterioren Gänge). Im Gegensatz dazu waren die horizontalen Kanäle mit 8,1 % deutlich weniger betroffen und zeigten keine Seitendifferenz.

Auch gab es 3 Patient*innen, bei denen mehrere Kanäle gleichzeitig betroffen waren. In einem Fall waren es der linke posteriore und der rechte horizontale, in einem anderen Fall der linke horizontale und der rechte posteriore Kanal. Im dritten Fall waren linker und rechter posteriorer Kanal gleichzeitig betroffen. Hinzu kam, dass es uns bei insgesamt 5 Patient*innen aufgrund körperlicher Einschränkungen (wie z.B. Rückenschmerzen, Steifheit, Übergewicht, Hemiparese oder Angst) nicht möglich war die diagnostischen Manöver vollständig durchzuführen. Diese 5 Patient*innen wurden daher von der Studie ausgeschlossen. Die Ergebnisse der jeweils betroffenen Kanäle wurden zur besseren Darstellung in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Betroffene semizirkuläre Kanäle. Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

Betroffene Kanäle		Nachweis BPLS N=71	Geriatrische Gruppe N=39*	Kontrollgruppe N=32**
Posterior (91.9%)	Right	42	25 (61.0%)	17 (51.6%)
	Left	26	12 (29.2%)	14 (42.4%)
Horizontal (8.1%)	Right	3	2 (4.9%)	1 (3.0%)
	Left	3	2 (4.9%)	1 (3.0%)
p-Wert: 0.001***				

* 2 Patient*innen mit zwei betroffenen Kanälen (41 Kanäle bei 39 Patient*innen)

** 1 Patient*in mit zwei betroffenen Kanälen (33 Kanäle bei 32 Patient*innen)

*** Signifikanter Unterschied in beiden Gruppen in der Anzahl der betroffenen posterioren und horizontalen Kanäle ($p \leq 0.05$)

1.3.5 Therapie

Aufgrund der am häufigsten betroffenen posterioren Kanäle, wurde ebenfalls das als Therapie empfohlene Epley Manöver am häufigsten verwendet. Es wurden insgesamt 68 Patient*innen (95.8 %) mit dem Epley Manöver therapiert. In 5 Fällen (7.0 %) wurde das Barbecue Manöver und in einem Fall das Gufoni Manöver angewendet. Bereits nach der

einmaligen Durchführung gaben 74,6 % der Patient*innen (N=53) eine Beschwerdefreiheit an. Diese Anzahl beschwerdefreier Patient*innen stieg nach zwei- oder mehrmaliger Durchführung sogar auf insgesamt 93 % an. Nicht symptomfrei blieben trotz mehrmaliger Durchführung insgesamt 5 Patient*innen (7,0 %). Eine Zusammenfassung der drei angewendeten Repositionsmanövern ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Repositionsmanöver und Therapie. Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

Repositionsmänöver		Nachweis BPLS N=71*	Geriatrische Gruppe N=39**	Kontrollgruppe N=32***	p-Wert
Epley (91.5%)	Symptomfrei nach einem CRM	53	25 (61.0%)	28 (84.9%)	0.038 ****
	Symptomfrei nach zwei/ mehrfachen CRMs	10	9 (22.0%)	1 (3.0%)	0.017 ****
	Nicht symptomfrei	5	3 (7.3%)	2 (6.1%) ***	1.0
Barbecue (7.0%)	Symptomfrei nach einem CRM	3	2 (4.9%)	1 (3.0%)	--
	Symptomfrei nach zwei/ mehrfachen CRMs	2	1 (2.4%)	1 (3.0%)	--
Gufoni (1.5%)	Nicht symptomfrei	1	1 (2.4%)	0 (0%)	--

* 3 Patient*innen wurden zweifach und mit zwei verschiedenen Repositionsmänovern therapiert (74 Manöver bei 71 Patient*innen)

** 2 Patient*innen wurden mit dem Epley und Barbecue Manöver therapiert (41 Manöver bei 39 Patient*innen)

*** 1 Patient*in war nach erfolglosem Epley Manöver anschließend nach wiederholten Barbecue Manövern symptomfrei (33 Manöver bei 32 Patient*inenn)

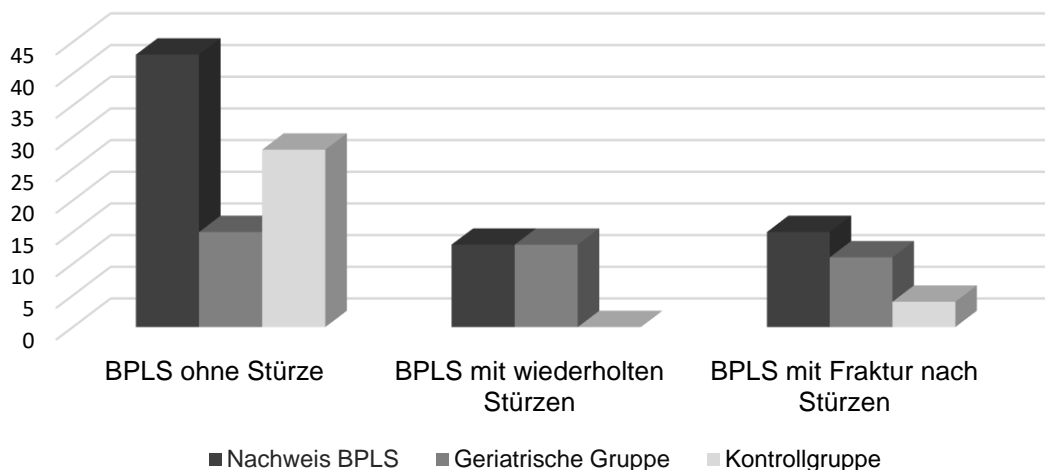
**** Signifikanter Unterschied bei symptomfreien Patient*innen nach dem ersten/ zwei- oder mehrfachen Repositionsmänovern zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

1.3.6 Analyse von Gangunsicherheit und Stürzen

Besonders interessierte uns die Analyse der Stürze aufgrund der durch BPLS verursachten Gangunsicherheit und Schwindel. Wie in Tabelle 2 bereits gezeigt, stellten sich neben den 17 Patient*innen mit Haupteinweisungsdiagnose „Gangunsicherheit und Stürze“ noch weitere 39 Patient*innen mit anderen Einweisungsdiagnosen, aber ebenfalls mit dieser Symptomatik vor. Daraus resultiert, dass 78,9 % (N=56) der Patient*innen aufgrund der Gangunsicherheit anfällig für Sturzereignisse sind. Abbildung 3 zeigt eine

Übersicht der Zusammenhänge von BPLS mit Stürzen in Kombination mit oder ohne Frakturen. Insgesamt 13 Patient*innen (18,3 %) hatten bereits ein oder mehrere zurückliegende Sturzereignisse ohne Frakturen, 15 (21,1 %) Patient*innen trugen Prellungen und Frakturen aufgrund zurückliegender Sturzereignisse davon. In der Kontrollgruppe war die Anzahl der Patient*innen ohne Stürze mit 87,5 % signifikant höher als in der geriatrischen Gruppe (38,5 %). Im Gegensatz dazu zeigte sich mit 61,5 % eine signifikant höhere Anzahl an Stürzen in der geriatrischen Gruppe im Vergleich zur jüngeren Kontrollgruppe (12,5 %). Auch die Anzahl der Prellungen und Frakturen war in der geriatrischen Gruppe mit 28,2 % mehr als doppelt so hoch. Es zeigte sich ebenfalls, dass Patient*innen der Kontrollgruppe bei Sturzereignissen aufgrund von durch BPLS induzierten Schwindel (12,5 %) in allen Fällen eine oder mehrere Frakturen davontrugen.

Abb. 3: BPLS in Relation zu Gangunsicherheit und Stürzen



■ Nachweis BPLS N=71; ■ Geriatrische Gruppe N=39; ■ Kontrollgruppe N=32

BPLS ohne Stürze: ■ N=43 (60.6%); ■ N=15 (38.5%); ■ N=28 (87.5%); p-Wert <0.001*

BPLS mit wiederholten Stürzen: ■ N=13 (18.3%); ■ N=13 (33.3%); ■ N=0 (0.0%); p-Wert <0.001*

BPLS mit Fraktur nach Stürzen: ■ N=15 (21.1%); ■ N=11 (28.2%); ■ N=4 (12.5%); p-Wert 0.15

* Signifikanter Unterschied zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

1.3.7 Geriatrische Multimorbidität und der Charlson-Komorbiditätsindex (CCI)

Ebenfalls analysierten wir aus verschiedenen Komorbiditäten, eingeteilt in 5 Gruppen, den Zusammenhang zwischen BPLS und Multimorbidität. Diese fünf Gruppen wurden in Tabelle 5 in folgender Reihenfolge zusammengefasst: Insgesamt haben 14 Patient*innen (13 weibl., mittleres Alter 83.4 ± 7.4) mindestens einen oder mehrere Schlaganfälle der

versorgenden Großhirnarterien (Arteria (A.) cerebri anterior, media oder posterior) oder der Kleinhirnarterien erlitten. Auch haben wir im Zusammenhang mit Hirninfarkten die subkortikalen arteriosklerotischen Enzephalopathien (SAE) und die traumatischen Subarachnoidalblutungen (SAB) miterfasst. Die zweite Gruppe kategorisiert neurodegenerative Erkrankungen, wie z.B. Polyneuropathie (PNP), Parkinson (inklusive medikamenteninduziertem und vaskulärem Parkinson), Multisystematrophie (MSA) oder auch Multiple Sklerose (MS). Diese Gruppe bestand aus insgesamt 16 Patient*innen (10 weibl., mittleres Alter 81.3 ± 5.9). Die dritte und anteilig größte Gruppe mit 40 Patient*innen (33 weibl., mittleres Alter 82.2 ± 6.2) inkludierte degenerative, muskuloskeletale Erkrankungen wie Arthrose und Gelenkerkrankungen von z.B. Schultern, Wirbelsäule, Hüfte und Knien. Die letzten beiden Gruppen waren Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems sowie operative Eingriffe. Die 30 betroffenen Patient*innen (25 weibl., mittleres Alter 80.8 ± 9.3) litten u.a. an koronarer Herzkrankheit (KHK), Vorhofflimmern (VHF), Kardiomyopathie oder Synkopen. Die verschiedenen chirurgischen Eingriffe der 6 Patient*innen der letzten Gruppe waren u.a. eine Cholezystektomie, Operationen am Magen-Darm-Trakt, Versorgung von Knochenbrüchen oder das Einbringen von Prothesen. Darüber hinaus traten in der geriatrischen Gruppe neurodegenerative Erkrankungen sowie andere Gelenkerkrankungen, wie z.B. Arthrose, signifikant häufiger auf. Insgesamt waren, bezogen auf die Multimorbidität, 20 Patient*innen von zwei (15 weibl., mittleres Alter 83.0 ± 6.8) und 13 Patient*innen sogar von drei oder mehr (11 weibl., mittleres Alter 82.7 ± 5.8) der genannten Erkrankungen aus Tabelle 5 gleichzeitig betroffen.

Tab. 5: BPLS im Zusammenhang mit Multimorbidität. Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

Parameter	Nachweis BPLS N=71	Geriatrische Gruppe N=39	Kontrollgruppe N=32	p-Wert
Hirninfarkt	14 (19.7%)	6 (15.4%)	8 (25.0%)	0.38
Neurodegeneration	16 (22.5%)	13 (33.3%)	3 (9.4%)	0.022*
Arthrose/ Gelenk- erkrankungen	40 (56.3%)	29 (74.4%)	11 (34.4%)	0.001*
Herzkreislauf- erkrankungen	30 (42.3%)	18 (46.2%)	12 (37.5%)	0.48
Operativer Eingriff	6 (8.5%)	2 (5.1%)	4 (12.5%)	0.40

* Signifikanter Unterschied zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

Der Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) dient zur Ermittlung der 1-Jahres Sterblichkeitsrate. Er ist angepasst an das Alter der Patient*innen und reicht kategorisch von 0-5 (0=niedrige, 5=erhöhte Sterblichkeitsrate innerhalb eines Jahres). Zur Verdeutlichung: Bei einem CCI von 0 liegt die Wahrscheinlichkeit bei 12 % innerhalb eines Jahres zu versterben. Auf 85 % erhöht sich diese Wahrscheinlichkeit bei einem CCI von ≥ 5 . Die Kontrollgruppe zeigt, wie in Tabelle 6 dargestellt, ein häufigeres Vorkommen niedrigerer CCI-Werte. In der geriatrischen Gruppe ist ein CCI von ≥ 5 mit 84,6 % signifikant häufiger vertreten als in der Kontrollgruppe (59,4 %).

Tab. 6: Charlson-Komorbiditätsindex (CCI). Aus dem Englischen nach Krieger et al., 2022.

CCI	Nachweis BPLS N=71	Geriatrische Gruppe N=39	Kontrollgruppe N=32	p-Wert
0	3 (4.2%)	0 (0%)	3 (9.4%)	0.087
1-2	3 (4.2%)	2 (5.1%)	1 (3.1%)	1.0
3-4	13 (18.4%)	4 (10.3%)	9 (28.1%)	0.068
≥ 5	52 (73.2%)	33 (84.6%)	19 (59.4%)	0.029*
p-value: 0.022*				

* Signifikanter Unterschied zwischen geriatrischer und Kontrollgruppe ($p \leq 0.05$)

1.4 Diskussion

Unsere Studie zeigt, dass 1,5 % aller geriatrischen Patient*innen die typischen Symptome eines BPLS vorweisen. Viele dieser Patienten stellen sich zur Abklärung von Gangunsicherheit und Stürzen vor. Ähnlich hoch zeigt sich das Auftreten der BPLS-Symptome in der jüngeren Kontrollgruppe mit 1,3 %. In unserer Studie zeigen wir außerdem, dass Diagnose und Therapie trotz höheren Alters möglich sind. Damit verbunden stellen wir auch die Bedeutung von Diagnostik- und Therapieverfahren hervor, um Stürze aufgrund von Schwindel und Gangunsicherheit durch BPLS zu verhindern. Trotz des hohen Alters und vorliegender Multimorbidität vieler Patient*innen, war es uns möglich die diagnostischen sowie die therapeutischen Manöver durchzuführen. Es zeigte sich in einem Großteil der Fälle (93 %) eine vollständige Symptomfreiheit.

Die Prävalenz in unserer Studie war 1,4 % für BPLS, es waren somit insgesamt 71 von ursprünglich 5166 Patient*innen der gesamten Studienpopulation betroffen. Der exakte Beginn des symptomatischen BPLS war in vielen Fällen nur erschwert nachweisbar, da viele Patient*innen bereits über Monate oder Jahre an den Symptomen litten. Trotzdem zeigt sich in unserer Studie deutlich, dass BPLS in allen Altersgruppen vertreten ist, mit einem signifikant höheren Vorkommen in der älteren Bevölkerung. Denn wie bereits in vielen Studien beschrieben, handelt es sich beim benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel um eine typische Erkrankung des Alters (Gaur et al., 2015; Heyn, 2004; Neuhauser, 2009). In unserer Studie zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Altersunterschied zwischen beiden Gruppen. Mit 82 Jahren Durchschnittsalter waren Patient*innen der geriatrischen Gruppe im Schnitt 8 Jahre älter als die der Kontrollgruppe. Außerdem zeigte sich unter den BPLS-Patient*innen mit 82 % eine höhere Anzahl weiblicher Patient*innen, wie schon in vorherigen Studien beschrieben (Parnes et al., 2003; von Brevern et al., 2007).

Trotz des hohen Alters der meisten Patient*innen, einhergehend mit Multimorbidität, Erkrankungen des Alters und verringerter Mobilität, war es uns größtenteils möglich, bei beiden Gruppen die Manöver zur Diagnostik vollständig durchzuführen. Patient*innen bei denen es aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht möglich war, wurden unsererseits von der Studie ausgeschlossen, da eine Bestimmung des betroffenen Kanals nicht sicher möglich war. Bei auf Lagerungsschwindel positiv detektierten Patient*innen zeigte sich eine deutliche Tendenz der posterioren Kanäle, wie bereits durch weitere Studien nachgewiesen (Bertholon et al., 2015; Jahn et al., 2015; Strupp et al., 2013). Wie auch von Bertholon et al. (2015) bereits beschrieben, zeigte sich in unserer Studie ebenfalls die rechte Seite häufiger betroffen. Als Grund für die Dominanz der rechten semizirkulären Kanäle beschrieb von Brevern et al. (2004) in seiner Studie die rechte Seite als bevorzugte Schlafposition in der Bevölkerung. Insgesamt untersuchten wir über die diagnostischen Positionsmanöver die posterioren und horizontalen Kanäle. Die anterioren Kanäle schlossen wir aus unserer Studie aus, da wir kein positives Manöver für einen anterioren Kanal nachweisen konnten. Auch wird in der Literatur nur vereinzelt von Fällen mit betroffener anteriorer Kanäle berichtet (Kim et al., 2017).

Wie bereits in anderen Studien beschrieben (Furman et al., 1999; Gaur et al., 2015; Seemungal et al., 2016) zeigte sich auch in unseren Ergebnissen eine hohe Rate symptomfreier Patient*innen von 93 %. Diese bezog sich auf die Gesamtzahl aller Patient*innen, also auch derer, die zwei oder mehrere Repositionsmanöver bis zur vollständigen Symptombefreiheit benötigten. Insgesamt war es trotz Multimorbidität und eingeschränkter Mobilität in beiden Gruppen möglich die unterschiedlichen Repositionsmanöver vollständig durchzuführen. Auch Rainer et al. (2017) und Pérez-Vázquez et al. (2017) führten in ihren Studien verschiedene Repositionsmanöver durch. Ursächlich für weiterhin persistierenden Schwindel trotz mehrerer CRMs könnten diverse Komorbiditäten sein. Diese Theorie wird ebenfalls von Rantakokko et al. (2013) beschrieben. Er nennt in seiner Studie als Gründe für erschwerte CRMs u.a. Hemiparesen, Frakturen oder verringerte Kooperation als Komorbiditäten des Alters. Dies wird ebenfalls unterstützt durch die höhere Rate symptomfreier Patient*innen nach dem ersten Repositionsmanöver in der jüngeren Kontrollgruppe. Es bestärkt die Annahme der morbiditätsbedingt, erschwerten Durchführung bei den signifikant älteren Patient*innen der geriatrischen Gruppe.

Auch wird diese Annahme unterstützt durch die in der geriatrischen Gruppe häufiger vorkommenden Einweisungsdiagnosen „Gangunsicherheit/Stürze“ sowie „Frakturen/Prellungen“. Im Vergleich zur geriatrischen Gruppe (23 %), zeigte die Kontrollgruppe (56 %) eine höhere Rate der Einweisungsdiagnose Schwindel. Dies lässt sich dadurch erklären, dass viele Patient*innen der geriatrischen Gruppe bereits seit längerer Zeit über Schwindel klagten und erst durch die Folgen des Schwindels ins Krankenhaus kamen. Die erhöhte Rate an Stürze der geriatrischen Gruppe, als eine der generellen Hauptbeschwerden der geriatrischen Population, unterstützt den bereits in Studien beschriebenen Zusammenhang mit dem höheren Alter. Außerdem bestärkt es die Annahme, dass der ältere Mensch anfälliger für Sturzereignisse, teilweise mit resultierenden Verletzungen, ist (Bergland et al., 2003; Peel et al., 2019). Gillespie et al. (2009) beschreiben in der Studie, dass ab einem Alter von ≥ 65 Jahren insgesamt 30 % mindestens einmal pro Jahr stürzen. Assoziiert mit der höheren Rate an Stürzen ist ebenfalls die höhere Rate an altersbedingten Erkrankungen wie z.B. Schlaganfälle, neurodegenerative Erkrankungen oder degenerative, muskuloskelettale Erkrankungen in der geriatrischen Gruppe. Diese Krankheitsbilder, ebenso wie Erkrankungen des visuellen

Systems können das Risiko für Gangunsicherheit und Stürze erhöhen (Kannus et al., 2005). Die Stürze können bei ca. 10 % der Patient*innen zu behandlungsbedürftigen Frakturen führen. In unserer Studie betrug die Rate der Frakturen, welche ärztliche Interventionen erforderte, ebenso wie bereits durch Bergland et al. (2003) beschrieben, 26,8 % und war somit mehr als doppelt so hoch. Wie ebenfalls durch Bergland et al. (2003) beschrieben, waren die durch uns ermittelten, sturzbedingten Verletzungen meist Schädel-Hirn-Traumata sowie diverse Frakturen an Schädel, Rippen, Wirbelkörpern und der oberen Extremität.

Schlussfolgernd ist es wichtig, dass auch bei diversen, den Schwindel und die Gangunsicherheit erklärenden Krankheitsbildern der benigne paroxysmale Lagerungsschwindel nicht übersehen wird, denn Schwindel kann ein Symptom aus mehreren Ursachen sein. Für die Diagnose von BPLS sollten daher auch die Differentialdiagnosen von Gangunsicherheit und Schwindel ermittelt und die behandelbaren von ihnen therapiert werden. Denn wie bereits in vorherigen Studien gezeigt, können Stürze und deren Folgen zu einer verminderten Lebensqualität und folglich zu Einschränkungen und Depressionen führen (Bhattacharyya et al., 2008; Rantakokko et al., 2013).

Bei der Durchführung der Manöver zeigte sich, dass die Patient*innen der geriatrischen Gruppe mehr Schwierigkeiten bei der korrekten Ausführung hatten als die der jüngeren Kontrollgruppe. Es zeigte sich auch, dass weniger Patient*innen der geriatrischen Gruppe nach einem Repositionsmanöver symptomfrei waren und insgesamt mehr Wiederholungen benötigten als die der Kontrollgruppe. Die mit dem Alter einhergehende, verringerte Mobilität kann die Durchführung des Manövers erschweren. Wenn man die Annahme äußert, dass in der geriatrischen Gruppe die Repositionsmanöver schwieriger durchzuführen sind, kann man daraus schlussfolgern, dass ebenfalls die Diagnostikmanöver erschwert sind. Denn beide Manöver sind aufgrund der Lageänderungen durch den Untersucher abhängig von der Mobilität der Patient*innen. Wie bereits in anderen Studien gezeigt, kann die Durchführung der Manöver mit fortschreitendem Alter und zunehmender Multimorbidität immer schwieriger werden (Salive, 2013). Aus diesem Grund könnte die Anzahl der Patient*innen mit nicht

entdecktem benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel in der geriatrischen Gruppe höher sein.

Allerdings konnten in unserer Studie trotz körperlichen Einschränkungen und diversen Vorerkrankungen die Manöver bei allen Patient*innen beider Gruppen durchgeführt werden. Wie bereits in der Literatur vorbeschrieben, handelte es sich bei den Einschränkungen auch bei uns um Übergewicht oder Adipositas, Rückenschmerzen, Hemiparese, Rigidität oder angstbedingt geschlossene Augen (Rantakokko et al., 2013). Bei einem durch Schwindel verursachtes Sturzereignis sollte unabhängig aller Komorbiditäten an BPLS gedacht werden und diesen Patient*innen ein diagnostisches Untersuchungsverfahren, trotz anderer den Schwindel erklärender Ursachen, ermöglicht werden.

Für eine detailliertere Klassifikation der verschiedenen Komorbiditäten aller Patient*innen wendeten wir den Charlson-Index (CCI) an. Diese Klassifikation wird verwendet um die Sterberate eines Menschen innerhalb eines Jahres einschätzen zu können (Charlson et al., 1987). Ein höherer CCI und damit einhergehend ausgeprägter Multimorbidität kann bei parallel vorliegendem BPLS die Durchführung der einzelnen Manöver erschweren. In unserer Studie war der Anteil der Patient*innen mit einem höheren CCI signifikant größer als in der Kontrollgruppe. Dies wird dadurch unterstützt, dass Patient*innen der geriatrischen Gruppe mehr Manöver brauchten um symptomfrei zu werden. Zusammenfassend konnten wir mit unseren Ergebnissen trotzdem zeigen, dass auch in höherem Alter und mit vorliegender Multimorbidität die Diagnostik sowie Therapie möglich sind.

Durch ein besseres Allgemeinwissen und mehr Verständnis über die Erkrankung des benignen paroxysmalen Lagerungsschwindels könnten Stürze und Verletzungen in Folge von Schwindel und Gangunsicherheit verhindert werden. Dadurch wäre es anschließend möglich Patient*innen eine schnellere und zielgerichtetere Therapie zukommen zu lassen. Dies wird ebenfalls durch mehrere Studien sowie die Leitlinie von Bhattacharyya et al. (2017) belegt (Neuhauser, 2009; Seemungal et al., 2016). Als Folge könnten sich die Behandlungen im Krankenhaus und gleichzeitig entstehende Kosten verringern. Ebenfalls würde der Kostenfaktor durch diverse Untersuchungen und diagnostische Verfahren, wie z.B. MRT-Untersuchungen, abnehmen. Zusätzlich könnte sich die Dauer

stationärer Aufenthalte reduzieren. Ein weiterer Aspekt wäre eine Reduktion der aufgrund des Schwindels unnötigerweise verschriebenen Medikamente. Dies würde einerseits einer Polymedikation entgegenwirken, welche bei geriatrischen Patient*innen bei Möglichkeit verringert werden sollte, andererseits würde es Kosten reduzieren. Von besonderer Bedeutung sind auch die körperlichen Einschränkungen durch Lagerungsschwindel, insbesondere der älteren Bevölkerung, die sich mit der richtigen Diagnose und Therapie verringern könnten. Dies könnte zu einer Steigerung der Lebensqualität betroffener Patient*innen führen (Metz, 2000).

Mit unserer Studie zeigen wir, dass es bei der älteren Patientenpopulation mit Stürzen, Gangunsicherheit und Schwindel und dadurch Hinweisen auf benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel von bedeutsamer Wichtigkeit ist, nach BPLS durch Anamnese und Untersuchung zu suchen.

1.5 Limitationen

Die wesentlichen Limitationen dieser Studie sind durch unsere Studiengruppe mit der Unterteilung in zwei jeweils betroffene Untergruppen und der kleinen Studienkohorte gegeben. Unsere Studiengruppe mit insgesamt 71 Patient*innen wurde in zwei Untergruppen unterteilt. In der geriatrischen ebenso wie in der Kontrollgruppe waren Betroffene mit symptomatischem BPLS. Dadurch hatten wir keine nicht-betroffene Kontrollgruppe als Vergleichsgruppe. Auch hatten wir keine Kontrollgruppe ohne Multimorbidität zur Analyse eines Zusammenhangs zwischen Multimorbidität und Stürzen.

1.6 Zusammenfassung

Mit unserer Studie wollen wir auf die Wichtigkeit des benignen paroxysmalen Lagerungsschwindel (BPLS) als mögliche Sturzursache im Alter hinweisen. Generell ist BPLS eine Erkrankung des älteren Menschen und geht häufig mit durch den Schwindel verursachter Gangunsicherheit mit Stürzen und Verletzungen bis hin zu Frakturen einher. Dies könnte folglich bei unerkanntem BPLS zu einer verringerten Lebensqualität führen

und zusätzlich hohe Kosten aufgrund längerer Krankenhausaufenthalte mit unnötigen Behandlungen und Polymedikation verursachen. Aufgrund dessen wäre es sinnvoll bei Patient*innen mit einer positiven Anamnese, im Sinne von Schwindel und Stürzen, eine ausführliche Diagnostik im Hinblick auf BPLS durchzuführen. Dies sollte in der stationären sowie in der ambulanten Versorgung erfolgen. Umgesetzt werden sollte dies mittels ausführlicher Diagnostik und anschließend zielgerichteter Therapie, zusammengefasst als "theragnostische" Behandlung. Somit könnten zukünftige Stürze und Verletzungen dieser Patientengruppe verhindert werden. In Folge dessen könnte es zu einer niedrigeren Quote an Komplikationen kommen, da weniger nicht notwendige Medikamente verschrieben werden.

Zusammenfassend soll unsere Studie verdeutlichen, dass die Suche nach BPLS bei geriatrischen Patient*innen möglich ist. Auch soll gezeigt werden, dass diese Suche trotz vorliegender, geringer oder stärker ausgeprägter Multimorbidität durchgeführt werden sollte, um eine erfolgreiche Behandlung zu garantieren.

1.7 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung

Bergland A, Jarnlo G, Laake K. Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clin Exp Res.* 2003;15(1):43-50

Bertholon P, Brandt T, Fife T, Imai T, Nuti D, Newman-toker D. Benign paroxysmal positional vertigo : Diagnostic criteria. *J Vestib Res.* 2015;25:105-117. doi:10.3233/VES-150553

Bhattacharyya N, Baugh RF, Orvidas L, et al. Clinical practice guideline : Benign paroxysmal. *Am Acad Otolaryngol Neck Surg Found.* 2008;(January 2008). doi:10.1016/j.otohns.2008.08.022

Bhattacharyya N, Gubbels SP, Schwartz SR, et al. Clinical Practice Guideline : Benign Paroxysmal Positional Vertigo (Update). *Am Acad Otolaryngol.* 2017;(6). doi:10.1177/0194599816689667

Brandt T, Strupp M, Dieterich M. Towards a concept of disorders of higher vestibular function; *Front Integr Neurosci.* 2014;8(June):1-8. doi:10.3389/fnint.2014.00047

Bressi F, Vella P, Casale M, et al. Vestibular rehabilitation in benign paroxysmal positional vertigo: Reality or fiction? *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2017;30(2):113-122. doi:10.1177/0394632017709917

Charlson ME, Pompei P, Ales KL MC. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. 1987;40:373–83

Chau AT, Menant JC, Hübner PP, Lord SR, Migliaccio AA. Prevalence of vestibular disorder in older people who experience dizziness. *Front Neurol.* 2015;6(DEC):1-11. doi:10.3389/fneur.2015.00268

Cohen HS. Side-Lying as an Alternative to the Dix-Hallpike Test of the Posterior Canal. *Otol Neurotol.* 2004:130-134

Cohen HS, Sangi-haghpeykar H. Nystagmus parameters and subtypes of benign paroxysmal positional vertigo. 2010;6489. doi:10.3109/00016481003664777

D'Silva LJ, Whitney SL, Santos M, Dai H, Kluding PM. The impact of diabetes on mobility, balance, and recovery after repositioning maneuvers in individuals with benign paroxysmal positional vertigo. *J Diabetes Complications*. 2017;31(6):976-982. doi:10.1016/J.JDIACOMP.2017.03.006

Feil K, Feuerecker R, Goldschagg N, et al. Predictive capability of an iPad-based medical device (medx) for the diagnosis of vertigo and dizziness. *Front Neurol*. 2018;9(FEB):1-9. doi:10.3389/fneur.2018.00029

Fife TD, Iverson DJ, Lempert T, et al. Practice Parameter: Therapies for benign paroxysmal positional vertigo (an evidence-based review): Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2008;70(22):2067-2074. doi:10.1212/01.wnl.0000313378.77444.ac

Furman J, Cass S. Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *N Engl J Med*. 1999;Volume 341:1590

Gaur S, Awasthi SK, Bhadouriya SKS, Saxena R, Pathak VK, Bisht M. Efficacy of Epley's Maneuver in Treating BPPV Patients: A Prospective Observational Study. *Int J Otolaryngol*. 2015;2015:1-5. doi:10.1155/2015/487160

Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Collab*. 2009;(1). doi:10.1002/14651858.CD000340

Heyn G. Schwindel hat viele Ursachen. *Pharm Ztg*. 2004:1-9

Hilton M, Pinder D. The Epley manoeuvre for benign paroxysmal positional vertigo. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(12):1-38. doi:10.1002/14651858.CD003162.pub3.www.cochranelibrary.com

Im DH, Yang YS, Choi H, Choi S, Shin JE, Kim CH. Pseudo-spontaneous nystagmus in horizontal semicircular canal canalolithiasis. *Med (United States)*. 2017;96(34):1-5. doi:10.1097/MD.0000000000007849

Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and Imbalance in the Elderly: Age-related Decline in the Vestibular System. *Aging Dis*. 2015;6(1):38. doi:10.14336/AD.2014.0128

Jahn K, Kressig R, Bridenbaugh S, Brandt T, Schniepp R. Dizziness and unstable gait in old age—etiology, diagnosis and treatment. *Dtsch Arztebl Int* . 2015;112(5):387–393. doi:10.3238/arztebl.2015.0387

Kannus P, Sievänen H, Palvanen M, Järvinen T, Parkkari J. Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet* 2005. 2005;366. doi:10.1016/S0140-6736(05)67604-0

Kim HJ, Kim JS. The patterns of recurrences in idiopathic benign paroxysmal positional vertigo and self-treatment evaluation. *Front Neurol*. 2017;8(DEC):1-6. doi:10.3389/fneur.2017.00690

Krieger J, Frackowiak M, Berger M, Heneka MT., Jacobs AH. Falls at advanced age – The importance to search for benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *Experimental Gerontology*, Volume 165, 2022, ISSN 0531-5565, doi.org/10.1016/j.exger.2022.111868.

Metz DH. Mobility of older people and their quality of life. *Elsevier Sci Ltd*. 2000;7:149-152

Michael P, Oliva CE, Nunez M, Barraza C, Faundez JP, Breinbauer HA. An abbreviated diagnostic maneuver for posterior benign positional paroxysmal vertigo. *Front Neurol*. 2016;7(JUL):1-8. doi:10.3389/fneur.2016.00115

Neuhauser HK. Epidemiologie von Schwindelerkrankungen. *Nervenarzt*. 2009;2009:887-894. doi:10.1007/s00115-009-2738-9

Oghalai JS, Manolidis S, Barth JL, Stewart MG. Unrecognized benign paroxysmal positional vertigo in elderly patients. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000;Volume 122(doi:10.1067/mhn.2000.105415):630-634. doi:10.1067/mhn.2000.105415

Ogun OA, Janky KL, Cohn ES, Büki B, Lundberg YW. Gender-based comorbidity in benign paroxysmal positional vertigo. *PLoS One*. 2014;9(9):1-9. doi:10.1371/journal.pone.0105546

Parnes LS, Agrawal SK, Atlas J. Diagnosis and management of benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *Can Med Assoc*. 2003;169(7)

Peel NM. Epidemiology of Falls in Older Age. *Can J Aging*. 2019;30(1):7-19. doi:10.1017/S071498081000070X

- Pérez-Vázquez P, VF-G. ScienceDirect Treatment of benign paroxysmal positional vertigo. A clinical review. *J Otol.* 2017;12:165-173. doi:10.1016/j.joto.2017.08.004
- Rainer S, Heiko R, Thomas B, et al. Treatment of dizziness: An interdisciplinary update. *Swiss Med Wkly.* 2017;147(51-52):1-11. doi:10.4414/smw.2017.14566
- Rantakokko M, Mänty M, Rantanen T. Mobility Decline in Old Age. *Exerc Sport Sci Rev* by Am Coll Sport Med. 2013:19-25
- Salive ME. Multimorbidity in Older Adults. *Epidemiol Rev Publ by Oxford Univ Press.* 2013;35(4):75-83. doi:10.1093/epirev/mxs009
- Schmid-Priscoveanu A, Allum JHJ. Die Infrarot- und die Videookulographie – Alternativen zur Elektroofokulographie? *HNO.* 1999;47(5):472-478. doi:10.1007/s001060050407
- Seemungal BM. Screening for BPPV in falls : an easy but big clinical “ win .” *BMJ.* 2016;3004(June):3004. doi:10.1136/bmj.i3004
- Snijders AH, Warrenburg BP Van De, Giladi N, Bloem BR. Neurological gait disorders in elderly people : clinical approach and classification. *Lancet Neurol.* 2007;6(January):63-74
- Strupp M, Brandt T. Current treatment of vestibular, ocular motor disorders and nystagmus. *Ther Adv Neurol Disord.* 2009;2(4):223-239. doi:10.1177/1756285609103120
- Strupp M, Thurtell MJ, Shaikh AG, Brandt T, Zee DS, Leigh RJ. Pharmacotherapy of vestibular and ocular motor disorders, including nystagmus. *J Neurol.* 2011;258(7):1207-1222. doi:10.1007/s00415-011-5999-8
- Strupp M, Dieterich M, Brandt T. The Treatment and Natural Course of Peripheral and Central Vertigo. *Dtsch Ärzteblatt.* 2013;110:505-517. doi:10.3238/arztebl.2013.0505
- von Brevern M, Seelig T, Neuhauser H, Lempert T. Benign paroxysmal positional vertigo predominantly affects the right labyrinth. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004;(September 2003):1487-1488. doi:10.1136/jnnp.2003.031500
- von Brevern M, Radtke A, Lezius F, et al. Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo: a population based study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007:710-715. doi:10.1136/jnnp.2006.100420

Yacovino DA, Hain TC, Gualtieri F. New therapeutic maneuver for anterior canal benign paroxysmal positional vertigo. *J Neurol*. 2009;256:1851–1855. doi:10.1007/s00415-009-5208-1

Yu S, Liu F, Cheng Z, Wang Q. Association between osteoporosis and benign paroxysmal positional vertigo: A systematic review. *BMC Neurol*. 2014;14(1):1-6. doi:10.1186/1471-2377-14-110

2. Veröffentlichung

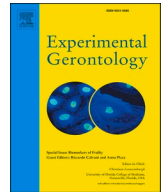
Experimental Gerontology 165 (2022) 111868



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Experimental Gerontology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/expgero



Falls at advanced age – The importance to search for benign paroxysmal positional vertigo (BPPV)[☆]

Jasmin Krieger, Monika Frackowiak, Moritz Berger, Michael T. Heneka, Andreas H. Jacobs^{*}

Department of Geriatrics and Neurology, and Centres for Aging Medicine (AMZ) and Orthogeriatrics (ATZ) of the Johanniter Hospital, Bonn, Germany
Department of Neurodegenerative Diseases, and Centre for Integrated Oncology (CIO) of the University Hospital, Bonn, Germany

ARTICLE INFO

Section Editor: Christiaan Leeuwenburgh

Keywords:

Benign paroxysmal positional vertigo
BPPV
Vertigo
Dizziness
Falls
Geriatrics

ABSTRACT

Introduction: One of the most important geriatric syndromes is dizziness in conjunction with gait disorder and consequent falls. There are various differential diagnoses for dizziness, one of them is benign paroxysmal positional vertigo (BPPV).

Objectives: A targeted diagnostic work-up and treatment of BPPV can prevent subsequent falls and a decline in the patients' quality of life, prolonged hospitalization with unnecessary examinations and medication.

Design: Prospective examination of patients with a positive medical history of BPPV.

Setting and participants: All patients treated within the Department of Geriatrics between 05/2015 and 03/2018 were included. A total of $n = 5166$ patients were screened ($n = 2651$ geriatrics; $n = 2515$ controls).

Methods: All patients from other wards subjected to a neurological examination due to vertigo served as controls. Patients with typical hints in the medical history for a BPPV were subjected to the diagnostic Dix-Hallpike maneuver and, if positive, subsequent canalith repositioning maneuvers. The percentage of successful positional treatments was determined in both groups.

Results: $N = 254$ patients (4.9 %) had indications in the medical history for a BPPV. For 71 of $n = 254$ patients (28 %; in total 1.4 %; mean age: 78.4 ± 12.3 years) the diagnosis of BPPV was proven by a positive Dix-Hallpike maneuver. $N = 39$ (54.9 %) patients belong to the geriatric group (mean age 82 years) and $n = 32$ (45.1 %) to the control group (mean age 73.9 years). The frequency of BPPV was similar in both groups (1.3–1.5 %). In 91.9 % of patients the BPPV was localized in the posterior semicircular canal. Up to 93 % were asymptomatic after one or repeated canalith repositioning maneuvers.

Conclusions and implications: The BPPV should be considered as an important differential diagnosis for geriatric patients with dizziness and falls. After therapeutic repositioning maneuvers most of the patients are asymptomatic. Therefore, targeted screening and therapy ("theragnostic") of BPPV at an advanced age increases diagnostic accuracy and prevents unnecessary examinations, medications and future falls.

1. Introduction

Dizziness and gait disorders belong to the most common geriatric syndromes leading to falls, fracture, immobility and, in that, reduced quality of life (Jahn et al., 2015). The key parameters for motor control constitute the central pathways of the motor system (e.g. pyramidal tract, nigro-striatal and cerebellar systems) and proprioception as well as visual and vestibular feedback controls (Fig. 1). Moreover, degenerative joint and cardiovascular diseases may substantially negatively

influence the function of the motor network. The vestibular system is essentially required for proper balance and motor control. Disorders such as bilateral vestibulopathy increase with age, causing dizziness and imbalance and as a consequence increase the risk of falls (Jahn et al., 2015; Chau et al., 2015). The lifetime prevalence of the most common subjective complaints such as dizziness and vertigo is up to 30% (Iwasaki and Yamasoba, 2015; Feil et al., 2018). More precisely, the one-year prevalence of dizziness leading to the consultation of a doctor is 20 % for people >60 years, 30 % for those >70 years and >50 % for the people

[☆] This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors. The work of Andreas H. Jacobs in the fields of Neurogeriatrics, Oncogeriatrics and Molecular Imaging is supported by the Herbert-Worch-Foundation, Bonn, Germany.

^{*} Corresponding author at: Department of Geriatrics and Neurology, Johanniter Hospital Bonn, Johanniter-Strasse 1-3, 53113 Bonn, Germany.
E-mail address: andreas.jacobs@bn.johanniter-kliniken.de (A.H. Jacobs).

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111868>

Received 16 April 2021; Received in revised form 20 May 2022; Accepted 7 June 2022

Available online 11 June 2022

0531-5565/© 2022 Elsevier Inc. All rights reserved.

>80 years old (Jahn et al., 2015). Particularly in care homes, older people have a prevalence up to 70 % for dizziness. Even without dizziness the probability for falls in care homes is >50 % within a year (Jahn et al., 2015). Patients with dizziness and imbalance are frequently under examination in different medical disciplines, which results in high expenses for the medical health system (Feil et al., 2018).

One cause of dizziness is the benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). It is the most common peripheral vestibular vertigo with a lifetime prevalence of 2.4 %. The frequency of occurrence depending on the gender amounts 2:1 for women (3.2 % of women, 1.6 % of men) (von Brevern et al., 2007; Yu et al., 2014). For 60 year old people, the one-year prevalence of BPPV is seven times higher than for people with ages ranging from 18 to 39 years (Chau et al., 2015). Between the ages of 50–70 years, BPPV has its peak incidence, but there are patients of all ages with this diagnosis (Hilton and Pinder, 2014). In the geriatric population the prevalence of BPPV is up to 9 % and the prevalence of dizziness in this population with BPPV is statistical higher with over 60 %, as well as the prevalence of balance disorder with over 75% (Oghalai et al., 2000). Brief attacks of rotational vertigo after head positioning or rotation with an additional simultaneous nystagmus which is transient, fatigable and lasts for 10–20 s are the decisive factors, as well as the absence of hearing loss or tinnitus (Bressi et al., 2017). BPPV can also resolve spontaneously (Strupp and Brandt, 2009). The BPPV is triggered by a rapid change of the head position, such as flexing and bending the head or turning it around. Typically, patients report about dizziness and imbalance when they roll over in bed or transfer from lying to sitting in

order to get out of bed, or when looking upwards to change a lightbulb or when bending downward towards their feet (von Brevern et al., 2007; Furman and Cass, 1999; Parnes et al., 2003). Nausea in combination with or without vomiting could be an accompanying symptom but does not appear in all cases (Jahn et al., 2015; Hilton and Pinder, 2014). The differential diagnosis of BPPV consists of Meniere's disease, vestibular neuritis, labyrinthitis, vertebrobasilar ischemia, head trauma, ear surgery, a prolonged recumbent position, or fall-inducing drugs (Feil et al., 2018) (Hilton and Pinder, 2014; Strupp et al., 2011). Furthermore, BPPV could be associated with migraine, sudden hearing loss and loss of proprioception due to diabetes (Ogun et al., 2014). Further differential diagnoses of dizziness include cardiac diseases (e.g. arrhythmias, syncope) and epilepsy. Further differential diagnoses of falls include diseases of joints and ligaments (e.g. coxarthrosis, spinal degeneration) and various CNS-related diseases as depicted in Fig. 1 due to loss of motor or feedback control mechanisms.

The otoliths within the utriculi and sacculi quantify gravity and linear acceleration (Brandt et al., 2014; D'Silva et al., 2017). Rotatory acceleration is quantified by the semicircular canals of the inner ear (Brandt et al., 2014). The clinical complaints due to BPPV typically occur through detachment of the otoliths (alias otoconia, calcium carbonate crystals) from their usual localization in the otolith macula and their movement into one of the semicircular canals (Chau et al., 2015). One possibility for this free-floating otoconia is the entering into one of the six semicircular canals, which causes an abnormal flowing movement of the endolymph. The other possibility is their subsequent

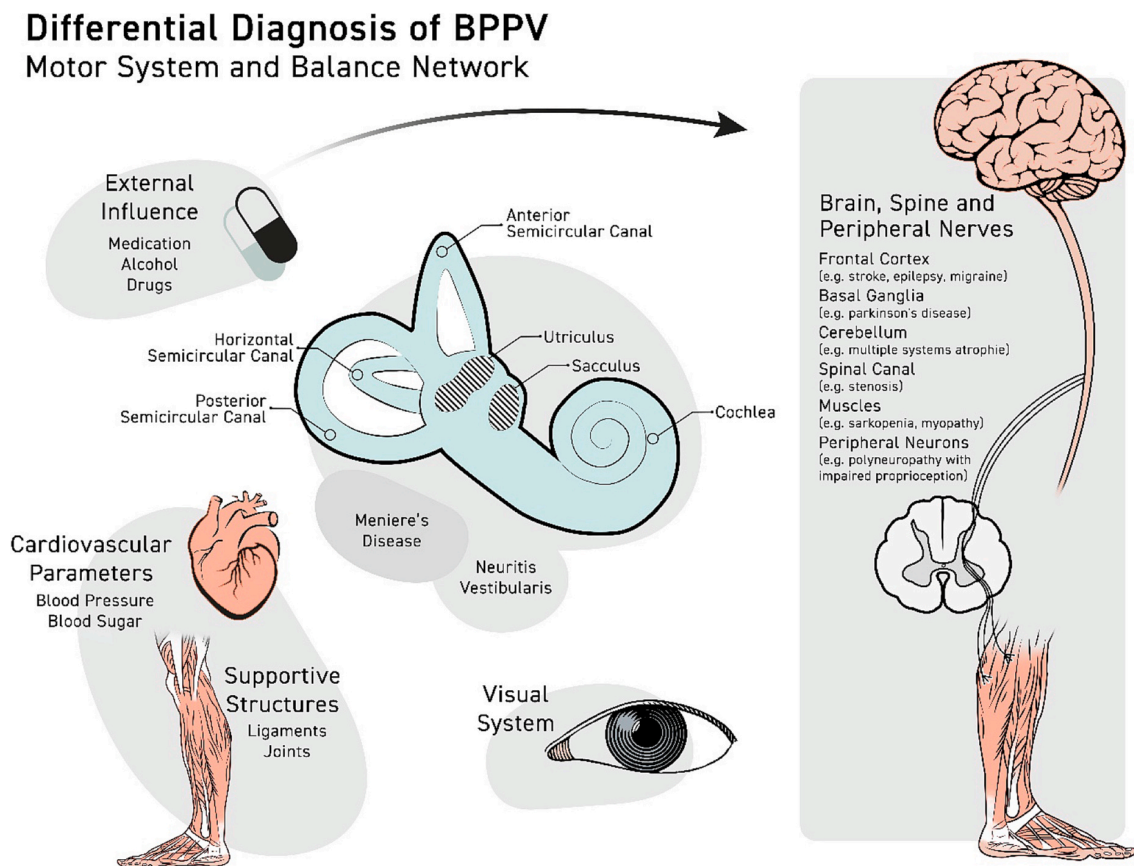


Fig. 1. Differential diagnosis of benign paroxysmal positional vertigo

This figure depicts the differential diagnosis of benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) which could cause vertigo with gait disorder and falls as a consequence. The graphic illustrates the vestibular system with the semicircular canals as feedback control system. Depicted are vestibular causes (BPPV, M. Meniere, neuritis vestibularis) and other origins of vertigo, such as diseases of the brain, spine and peripheral nerves and the eyes as well as external influences, which are illustrated in relation to the brain. Impaired proprioception is mostly associated with polyneuropathy but may be also be caused by Vitamin B12 deficiency. Graphic adapted from Snijders et al. (2007).

attachment to the cupula, present in all semicircular canals. Both mechanisms implicate a cupula stimulation, which results in dizziness and the typical nystagmus because of asymmetry between the ordinary canal on one side of the head and the otoliths-affected canal on the other side (D'Silva et al., 2017; Michael et al., 2016; Cohen and Sangi-haghpeykar, 2010). The risk to develop BPPV from detachment of otolith particles increases with age (Jahn et al., 2015).

For >90 % of the patients, BPPV is related to the affection of the posterior canal, most common the right side. The second most common affected canal is the horizontal (for about 8 %) and in rare cases the anterior. Even different canals can be involved at the same time (Yu et al., 2014). The Dix-Hallpike test, named after Dix and Hallpike in 1952 (Bressi et al., 2017) is the most frequently applied gold standard test to diagnose BPPV in the posterior canals. The side-lying test is an alternative method for the posterior canal for patients with physical restrictions as obesity or musculoskeletal limitations (Cohen, 2004). The supine roll test is to detect free floating otoliths in the horizontal canals (Chau et al., 2015). Several canalith repositioning maneuvers are being conducted as therapy (CRM Semont and Epley, Gufoni) (Strupp and Brandt, 2009; Kim and Kim, 2017).

The aim of this study was to identify the possible role of BPPV in falls in a geriatric population.

2. Material and methods

2.1. Ethical consideration

The study protocol was approved by the Institutional Review Board of the Ethics Committee.

2.2. Patients and study design

The investigation was performed at the Department of Geriatrics and Neurology. All patients which were admitted for geriatric care (geriatric group) or a neurological investigation (control group) during 05/2015 until 03/2018 were included. The geriatric group was defined as patients older than 70 years and geriatric multimorbidity, or under 70 years of age with multiple geriatric morbidities and with an inpatient stay on the geriatric ward. All patients were screened for paroxysmal positional vertigo. Patients with hints in the medical history for BPPV were subjected to a full neurological examination including the Dix-Hallpike maneuver. Patients with positive findings for a BPPV of the posterior canal were subjected to the Epley maneuver, those with positive findings for a BPPV of the horizontal canal to a Barbecue or Gufoni maneuver. Positive patients were calculated as percentage of the entire patient population. For detailed analysis of clinical data, patients' information and identity were anonymized. All patients with vertigo were requested to assess the type of vertigo in one of the three categories: rotatory vertigo, swaying vertigo or any other vertigo. Multi-morbidity was assessed with the Charlson Comorbidity Index (CCI) by detailed review of the medical history including a full geriatric assessment.

2.3. Diagnosis, treatment and follow up

Attention was put to the accurate recognition of the affected semicircular canal. To identify the posterior canal, the classic Dix-Hallpike maneuver was used in which the patient's head will be turned around 45° to the left or the right side in a sitting position. The posterior canal on the side where the patients' head is turned, is aligned to the sagittal plane of the head. Due to a subsequent rearward head movement into a nearly head hanging position within the 45° rotation the free floating otoconia will induce an endolymphatic flow conditioned by gravity, which results in the typical complaints, such as an acute onset of rotational vertigo with nausea and nystagmus (Feil et al., 2018). An alternative maneuver for patients with physical restrictions is the side-lying test with passive movement of the sitting patient's upper body towards

the tested side while the head is turned 45° in the opposite direction (Cohen, 2004). For the lateral (horizontal) canal, the patient lies in a supine position with the head bending 30° to the chest. In this position the head is turned 90° to each side (Chau et al., 2015; Michael et al., 2016; Kim and Kim, 2017; Im et al., 2017). Premises for a positive diagnosis of BPPV was a positive provocation maneuver with nystagmus and positional vertigo of <60 s (Fife et al., 2008). The nystagmus was proven using Frenzel goggles. The modern alternative would be the application of video-oculography (Schmid-Priscoveanu and Allum, 1999). Those with an ambiguous nystagmus or spontaneous recovery were excluded from the BPPV positive patients.

After identification of the affected semicircular canal, the canal repositioning maneuver (CRM) was carried out to relocate the otoliths out of the semicircular canals and back into the utricle. For the posterior canal the Epley maneuver and for the horizontal canal the Barbecue or Gufoni maneuver was performed (Rainer et al., 2017). As we did not diagnose any effect of the anterior semicircular canal, we excluded its treatment and excluded the anterior canal from this study because its occurrence is rare (Yacovino et al., 2009).

2.4. Statistical analysis

Excel 2010 (Microsoft, USA) and SPSS (IBM SPSS Statistics by IBM) were used for statistical analysis. The following parameters were recorded and analyzed: age, sex, diagnosis at referral and discharge, type of vertigo, the various diagnoses of multi-morbidity including drugs. Results are presented as mean (M) with standard deviation (SD). For the age Wilcoxon-test was used. Fishers exact test was determined to compare the other variables between geriatric and control group. The results were considered significant if $p \leq 0.05$.

3. Results

3.1. The prevalence of BPPV in a geriatric patient population is approximately 1–2 %

Between 05/2015 and 03/2018 $n = 5166$ patients were screened. $N = 2651$ patients were treated on a geriatric ward (geriatric group) and $n = 2515$ patients which were investigated on different wards of the hospital for specific neurological questions served as control (non-geriatric group). $N = 254$ patients out of 5166 (4.9 %; age range 20–96 years) had hints in the medical history towards a paroxysmal positional vertigo. The prevalence of BPPV in the entire study population was 1.4 % (71/5166 patients). In the geriatric group the prevalence of BPPV was 1.5 % (39/2651) and in the non-geriatric group 1.3 % (32/2515) (n.s.). The demographic characteristics of all patients, the geriatric and the non-geriatric control group are summarized in Table 1.

Table 1

Demographic characteristics of patients with hints in the medical history for BPPV.

Parameters	Hints for BPPV (n = 254)	Proven BPPV (n = 71)	Geriatric group (n = 39)	Control group (n = 32)	p-Value
Age (years)	75.1 ± 14.5 (20–96 years)	78.4 ± 12.3 (20–96 years)	82.0 ± 7.7* (51–96 years)	73.9 ± 15.2* (20–90 years)	0.002*
Female:	188:66 (74.0 % female)	58:13 (81.7 % female)	32:7 (82.1 % female)	26:6 (81.3 % female)	1.0

BPPV: benign paroxysmal positional vertigo.

* Significant difference of age between geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

3.2. Characteristics of the study population with probable and proven BPPV, respectively

Out of all selected patients with hints of BPPV ($n = 254$, mean age 75.1 ± 14.5 years), $n = 188$ were female (74 %, mean age 76 ± 13.7 , 20–95 years) and $n = 66$ male (26 %, mean age 72.6 ± 16.3 , 23–96 years). Patients from the Department of Geriatrics ($n = 133$; 52 %; 97 females, 36 males) were significantly older (mean age 81.4 ± 7.7 , 51–96 years) than patients selected from the other departments (non-geriatric group; $n = 121$; 48 %, 91 females, 30 males, mean age 68.3 ± 16.9 [$p \leq 0.05$], 20–95 years). In total, $n = 71$ of these 254 patients (28 %, 58 females, 13 males, mean age 78.4 ± 12.3 , 20–96 years) had a clinically proven BPPV as defined by clinical investigation. The mean age did not differ between women ($n = 58$; 81.7 %; 78.4 ± 12.4 years; 20–93 years) and men ($n = 13$; 18.3 %; 78.2 ± 12.1 years; 44–96 years). $N = 39$ of the 71 patients with BPPV (55 %, mean age 82.0 ± 7.7 , 51–96 years) belonged to the geriatric group. The other $n = 32$ patients (45 %) from the non-geriatric control group were significantly younger (mean age 73.9 ± 15.2 [$p \leq 0.05$], 20–90 years) (Table 1) (Fig. 2).

3.3. Indications for hospital treatment

The indications for hospital treatment of the $n = 71$ patients with proven BPPV are depicted in Table 2. The two most frequent indications

Table 2
Indications for hospitalization.

Medical indication for hospitalization	Proven BPPV (n = 71)	Geriatric group (n = 39)	Control group (n = 32)	p-Value
Vertigo	n = 27 (38.0 %)	n = 9 (23.1 %)	n = 18 (56.2 %)	0.007*
Gait disorder, falls	n = 17 (24.0 %)	n = 13 (33.3 %)	n = 4 (12.5 %)	0.052
Impaired general condition	n = 8 (11.3 %)	n = 4 (10.3 %)	n = 4 (12.5 %)	1.0
Fracture/contusion	n = 8 (11.3 %)	n = 7 (17.9 %)	n = 1 (3.1 %)	0.065
Syncope	n = 5 (7.0 %)	n = 3 (7.7 %)	n = 2 (6.3 %)	1.0
Cardiac decompensation	n = 4 (5.6 %)	n = 2 (5.1 %)	n = 2 (6.3 %)	1.0
Infarct	n = 2 (2.8 %)	n = 1 (2.6 %)	n = 1 (3.1 %)	1.0

* Significant difference between geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

were gait disorder/falls and vertigo. Other indications for hospital treatment included in descending frequency impaired general condition, fracture, syncope, cardiac decompensation, and cerebral infarction. In the older geriatric group, the most frequent cause was gait disorder/falls

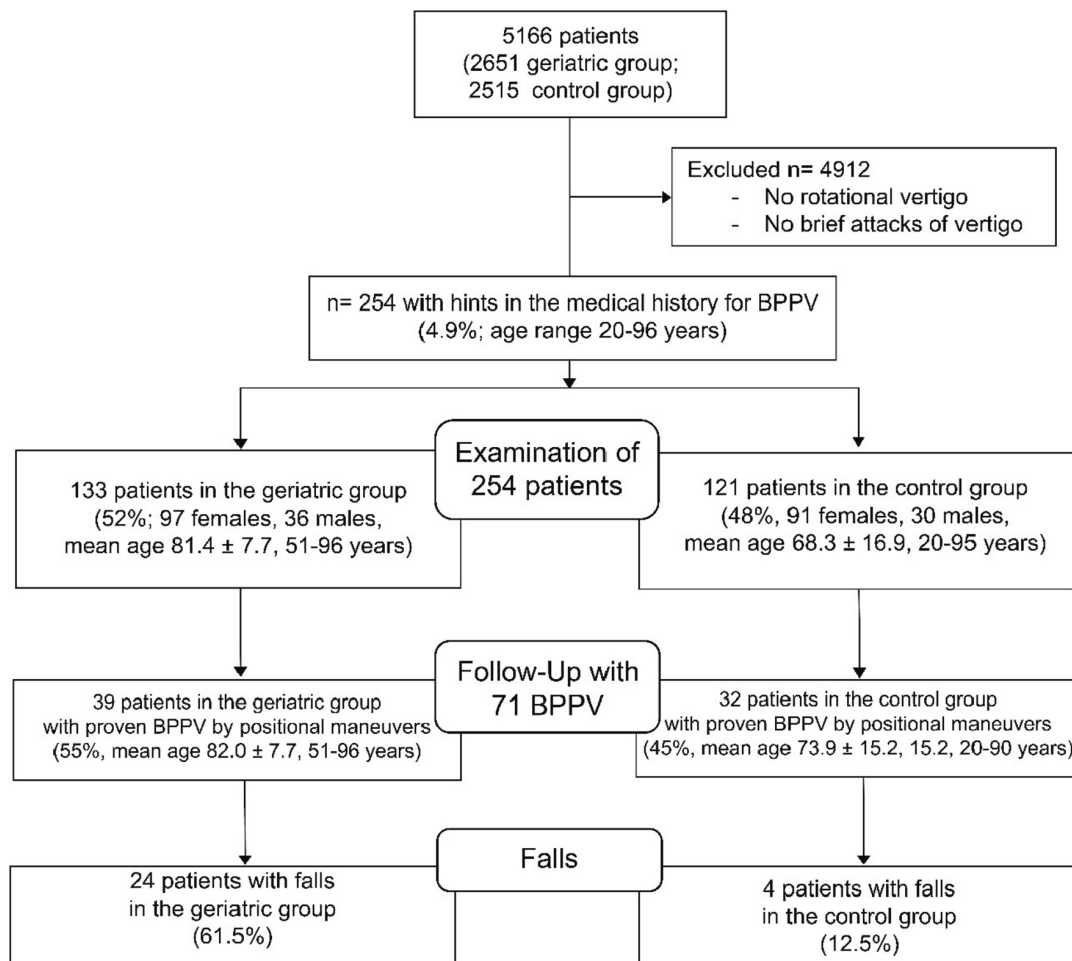


Fig. 2. Flow diagram to summarize the phases of the study.

This figure depicts a flow diagram (according to the CONSORT model) in order to summarize the progress through the phases of the study and to highlight the observed difference. It shows patients with BPPV in the geriatric group on the left, compared to the control group on the right side. The prevalence of falls in both groups is depicted in the last line.

in accordance with the selection criterion of our study. In the younger control group, the most frequent cause was vertigo in accordance with the reason for the additional neuro-geriatric consultations. In addition, vertigo was significantly more frequent than in the geriatric group. The rate of fractures was higher in the geriatric group. This highlights that patients from the geriatric group are more vulnerable for falls and fractures.

3.4. Localization of BPPV

The location of clinically identified positional vertigo is depicted in Table 3. BPPVs occurred significantly more often in the posterior semicircular canal (91.9 % [$p \leq 0.05$]) with a preference to the right side (56.8 % of all posterior canals). The horizontal canals were affected in 8.1 % only, with equal contribution of both sides.

In three patients two canals were affected at the same time: one with the left posterior + right horizontal canal; one with the right posterior + left horizontal; and one with the right and left posterior canal. In five patients it was not possible to perform a complete Dix-Hallpike as well as side-lying maneuver. The reasons were back pain, obesity and rigidity, hemiparesis or closed eyes because of fear.

3.5. Therapeutic intervention

The frequencies of the therapeutic canalith repositioning maneuvers (CRM) are depicted in Table 4. The Epley maneuver was performed in $n = 68$ patients (95.8 %), Barbecue maneuver was applied in $n = 5$ patients (7.0 %) and Gufoni maneuver was performed once. After the first CRM 74.6 % ($n = 53$) of patients were symptom-free and after two or more repetitions this percentage increased to 93.0 %. $N = 5$ patients (7.0 %) were not symptom-free.

3.6. Analysis of falls

Next, we analyzed the falls and their consequences as a result of gait disorder or vertigo due to BPPV. In addition to the patients with the main complaint of "gait disorder/falls" ($n = 17$), $n = 39$ patients with any other reason for hospitalization (Table 2) also demonstrated with the clinical feature of "gait disorder". Therefore, 78.9 % of the patients ($n = 56$) were vulnerable for falls based on the diagnosis "gait disorder", and 18.3 % ($n = 13$) had a clinical history of one or more falls in the past. $N = 15$ patients (21.1 %) had bruises or fractures (e.g. concussion, laceration, bruises and fractures of the head, vertebral bodies, ribs and arms, respectively) caused by a fall in the recent past or right before arriving in the hospital. Fig. 3 summarizes the coincidence of BPPV with and without falls with or without fractures. In the geriatric group the fraction of falls was significantly higher (61.5 %) than in the control group (12.5 %).

Table 3
Affected semicircular canals.

Affected canal	Proven BPPV (n = 71 patients)	Geriatric group (n = 39 patients) ^a	Control group (n = 32 patients) ^b	
Posterior (91.9 %)	Right	n = 42	n = 25 (61.0 %)	n = 17 (51.6 %)
	Left	n = 26	n = 12 (29.2 %)	n = 14 (42.4 %)
Horizontal (8.1 %)	Right	n = 3	n = 2 (4.9 %)	n = 1 (3.0 %)
	Left	n = 3	n = 2 (4.9 %)	n = 1 (3.0 %)
p-Value:	0.001***			

^a Two patients with two affected canals at the same time (41 canals in 39 patients).

^b One patient with two affected canals at the same time (33 canals in 32 patients).

*** Significant difference between the affected posterior and horizontal canals in geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

Table 4
Canalith repositioning maneuver and therapy.

Canalith repositioning maneuver	Proven BPPV (n = 71) ^a	Geriatric group (n = 39 patients) ^b	Control group (n = 32 patients) ^c	p-Value	
Epley (91.5 %)	Symptom-free after first CRM	n = 53	n = 25 (61.0 %)	n = 28 (84.9 %)	0.038****
	Symptom-free after two or more CRMs	n = 10	n = 9 (22.0 %)	n = 1 (3.0 %)	0.017****
	Not symptom-free	n = 5	n = 3 (7.3 %)	n = 2 (6.1 %) ^c	1.0
Barbecue (7.0 %)	Symptom-free after first CRM	n = 3	n = 2 (4.9 %)	n = 1 (3.0 %)	–
	Symptom-free after two or more CRMs	2	1 (2.4 %)	1 (3.0 %)	–
Gufoni (1.5 %)	Not symptom-free	1	1 (2.4 %)	0 (0 %)	–

^a Three patients were treated twice with two different maneuvers (74 maneuver in 71 patients).

^b Two patients were treated with Epley and Barbecue maneuver (41 maneuver in 39 patients).

^c One patient was not symptom-free after Epley but after repeated Barbecue maneuver (33 maneuver in 32 patients).

**** Significant difference between symptom-free patients after the first CRM/two or more CRMs in geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

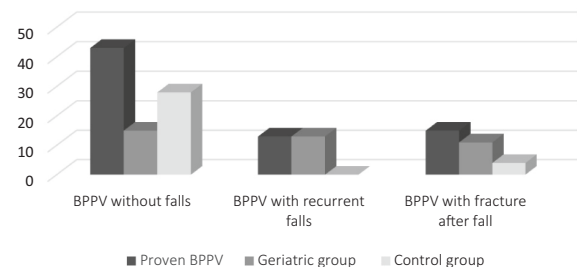


Fig. 3. BPPV in relation to gait disorder and falls.
■ Proven BPPV (n=71); ■ Geriatric group (n=39); ■ Control group (n=32)
BPPV without falls: ■ n=43 (60.6%); ■ n=15 (38.5%); ■ n=28 (87.5%); p-value <0.001*
BPPV with recurrent falls: ■ n=13 (18.3%); ■ n=13 (33.3%); ■ n=0 (0.0%); p-value <0.001*
BPPV with fracture after fall: ■ n=15 (21.1%); ■ n=11 (28.2%); ■ n=4 (12.5%); p-value 0.15
* significant difference between geriatric and control group ($p \leq 0.05$)

Fig. 3. BPPV in relation to gait disorder and falls.

■ Proven BPPV (n = 71); ■ geriatric group (n = 39); ■ control group (n = 32).
BPPV without falls: ■ n = 43 (60.6 %); ■ n = 15 (38.5 %); ■ n = 28 (87.5 %); p-value <0.001*.

BPPV with recurrent falls: ■ n = 13 (18.3 %); ■ n = 13 (33.3 %); ■ n = 0 (0.0 %); p-value <0.001*.

BPPV with fracture after fall: ■ n = 15 (21.1 %); ■ n = 11 (28.2 %); ■ n = 4 (12.5 %); p-value 0.15.

*Significant difference between geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

In the non-geriatric control group, falls occurred as a clinical manifestation of BPPV-related "vertigo" in 12.5 %, with additional fractures in all cases (Fig. 3). The number of falls with fractures as a consequence was more than twice higher in the geriatric group (28.2 %) than in the control group. As opposed to this, in the control group the rate of patients without falls was significantly higher (87.5 %) than in the geriatric group (38.5 %).

3.7. Geriatric multimorbidity and Charlson Comorbidity Index

Multimorbidity in connection with BPPV was analyzed. We categorized five groups of comorbidities according to clinical manifestation of disease (Table 5) as follows: $n = 14$ patients (13 females, mean age 83.4 ± 7.4) had one or more strokes in the past. Ischemic strokes were located in the territory of anterior, middle or posterior cerebral artery, respectively, or in the cerebellum. In addition, subcortical arteriosclerotic encephalopathy (SAE) or traumatic subarachnoid hemorrhage (SAH) was observed. In the second group, $n = 16$ patients (10 females, mean age 81.3 ± 5.9) had neurological diseases, such as Parkinson's disease (PD including drug-induced or vascular parkinsonism), multiple systems atrophy (MSA), polyneuropathy (PNP), and multiple sclerosis. In the third group, degenerative joint disease was present in $n = 40$ patients (33 females, mean age 82.2 ± 6.2) affecting spine, hip, knee, and shoulder, respectively. Cardiac diseases including atrial fibrillation, coronary artery disease, cardiomyopathy, or cardiovascular syncope were present in $n = 30$ patients (25 females, mean age 80.8 ± 9.3). Finally, $n = 6$ patients were hospitalized for surgical intervention (e.g. shoulder-TEP, bone-fracture, cholecystectomy, and intestinal surgery). Neurodegeneration and arthrosis or arthritic joint disease occur significantly more frequent in the geriatric group. It should be pointed out that $n = 20$ patients (15 females, mean age 83.0 ± 6.8) had two of the above-mentioned disabilities and $n = 13$ patients (11 females, mean age 82.7 ± 5.8) had three or more disabilities.

Finally, we determined the Charlson Comorbidity Index (CCI) to assess the 1-year mortality rate adapted to the patient's age. The index ranges from 0 to 5 and assesses the probability of mortality in a one-year period. A CCI of 0 indicates a 12 % probability and a CCI of ≥ 5 indicates an 85 % probability not to survive the next year. Table 6 depicts that a high CCI of ≥ 5 occurred more frequent in the geriatric (84.6 %) than in the control group (59.4 %) ($p \leq 0.05$). In contrast to the geriatric group, the control group had a higher proportion of patients with lower CCIs.

4. Discussion

This study demonstrates that a significant number of geriatric patients (1.5 %) which are admitted for the evaluation of falls are presenting with the clinical signs of BPPV. The frequency in this geriatric patient population is as high as in younger in-hospital patients referred to a neurological examination for any cause including vertigo (1.3 %). We demonstrate that it is possible to perform the classical diagnostic maneuvers even in elderly patients. The treatment for BPPV was based on mechanical repositioning maneuvers with full recovery in most cases (93 %) in both groups. Therefore, the successful detection and treatment of BPPV in elderly patients is possible and of high importance in the prevention of further falls.

Table 5
BPPV and multimorbidity.

Parameters	Proven BPPV (n = 71)	Geriatric group (n = 39)	Control group (n = 32)	p-Value
Stroke	n = 14 (19.7 %)	n = 6 (15.4 %)	n = 8 (25.0 %)	0.38
Neurodegeneration	n = 16 (22.5 %)	n = 13 (33.3 %)	n = 3 (9.4 %)	0.022*
Arthrosis/joint disease	n = 40 (56.3 %)	n = 29 (74.4 %)	n = 11 (34.4 %)	0.001*
Cardiac disease	n = 30 (42.3 %)	n = 18 (46.2 %)	n = 12 (37.5 %)	0.48
Surgical intervention	n = 6 (8.5 %)	n = 2 (5.1 %)	n = 4 (12.5 %)	0.40

* Significant difference between geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

Table 6
Charlson Comorbidity Index (CCI).

CCI	Proven BPPV (n = 71)	Geriatric group (n = 39)	Control group (n = 32)	p-Value
0	n = 3 (4.2 %)	n = 0 (0 %)	n = 3 (9.4 %)	0.087
1–2	n = 3 (4.2 %)	n = 2 (5.1 %)	n = 1 (3.1 %)	1.0
3–4	n = 13 (18.4 %)	n = 4 (10.3 %)	n = 9 (28.1 %)	0.068
≥ 5	n = 52 (73.2 %)	n = 33 (84.6 %)	n = 19 (59.4 %)	0.029*
p-Value:	0.022*			

* Significant difference between geriatric and control group ($p \leq 0.05$).

4.1. Prevalence

The prevalence of BPPV was 1.4 % (71 out of 5166 patients). Both groups varied significantly in the mean age. The geriatric group with a mean age of 82 years was 8 years older than the control group. To determine the exact age of onset of the BPPV is somewhat difficult because patients reported dizziness or vertigo over several months or even years before the diagnosis of an underlying BPPV was made. Although the BPPV is represented in all age groups, it appears more often in the elderly and it is a typical disease of old age (Heyn, 2004; Neuhauser, 2009; Gaur et al., 2015). Furthermore, the majority of patients were female (82 %), a finding supported by other evaluations (von Brevern et al., 2007; Parnes et al., 2003).

4.2. Diagnosis

Despite the high age of our patients with accompanying comorbidities and reduced mobility, it was possible to perform the maneuvers for all patients to detect BPPV. The posterior and horizontal semicircular canals were examined by positioning maneuvers, whereas the anterior canals were excluded because there are just a few cases in the literature in which the anterior canals are responsible for BPPV (Kim and Kim, 2017). Likewise in our investigation, it has been demonstrated that the posterior canals are most frequently affected by otoliths (Jahn et al., 2015; Strupp et al., 2013; Bertholon et al., 2015) with a higher manifestation of the right side (Bertholon et al., 2015). The right-sided predominance has been further investigated by von Brevern et al. (2003). It is assumed that the right-sided BPPV may be a result of an overall preferred right-sided sleeping position.

4.3. Therapy

In total, 93 % of patients were symptom-free after two or more maneuvers. This high success rate by these mechanical maneuvers has also been described in other studies (Furman and Cass, 1999; Gaur et al., 2015; Seemungal, 2016). Different comorbidities may explain unsuccessful CRMs. Rantakokko et al. (2013) mention in their study a persisting vertigo despite repetitive CRMs may be due to difficulties in proper patients' positioning through comorbid conditions, such as fractures, hemiparesis, or limited cooperation. The higher rate of symptom-free patients in our control group after the first CRM supports the assumption of a more difficult implementation of CRM for older people in our geriatric group. Nevertheless, the repositioning maneuvers could be performed in all patients as a clinical routine despite typical geriatrics comorbidities. Rainer et al. (2017) and Pérez-Vázquez (2017) performed different canalith repositioning maneuvers in their studies.

4.4. Falls

Regarding the different indications for hospital treatment, the indication "vertigo" was more frequent in the control group (56 %) than in the geriatric group (23 %). In contrast, the indication "gait disorder/falls" as well as "fractures/contusion" was more often reported in the geriatric group. "Falls" are one of the key complaints in a geriatric

patient population. The high frequency of falls in our geriatric group supports the well-described correlation between falls and advanced age and that older patients are more vulnerable for falls (Bergland et al., 2003; Peel, 2019). In addition, the older geriatric group demonstrates a higher rate of age-associated comorbidities which could increase the risk for falls. Neurodegenerative diseases, stroke, eye diseases and degeneration of the joints are well known comorbidities relevant in the pathophysiology of falls (Kannus et al., 2005). Although geriatric patients frequently suffer from these fall-inducing comorbidities, BPPV should not be overlooked despite a plausible explanation for the symptoms. It is important to decipher the differential diagnosis of gait disorder and falls to determine treatable causes such as BPPV.

The most frequent injuries in our study were fall-related concussion with or without lacerations and bruises as well as fractures of the head, vertebral bodies, ribs and arms. These fall-related complications were already described by Bergland et al. (2003). Falls and fall-associated consequences may lead to a reduced quality of life, depression and restriction of the daily routine (Rantakokko et al., 2013; Bhattacharyya et al., 2008). Gillespie et al. (2009) describe in their study that 30 % of the ≥ 65 years old fall at least once a year. They also mention for 10 % of the people that falls could lead to fractures requiring medical attention. Our rate of fractures after a fall which required medical attention was more than twice as high (26.8 %), a similarly rate was also described by Bergland et al. (2003).

4.5. Multimorbidity

Finally, we found a more problematic implementation of the maneuvers for older patients. Our results show that the older aged people in our geriatric group needed more repetitions of the CRMs and less patients who were symptom-free after the first CRM. If we assume a repositioning maneuver is more complicated in the older geriatric group, we could conclude the diagnostic maneuvers could also be more complicated because in both maneuvers (diagnostic and therapeutic) the patients will be turned into different positions by the physician. Impaired mobility at higher age may aggravate the movement of the maneuver. Regarding this, the rate of undetected BPPV in the geriatric group could be higher as represented in our study. The diagnostic maneuvers as well as the CRMs for therapy could be increasingly difficult with increasing age and progressive multimorbidity (Salive, 2013).

Although multiple comorbidities were present in our patient population, the positioning maneuvers could be performed successfully in all patients despite physical limitations. Backache, obesity, rigidity, hemiparesis or closed eyes because of fear have been described as possible reasons for a failure of diagnostic localization of the affected canal as well as a failure of a correct CRM (Rantakokko et al., 2013). Irrespective of any comorbidity in the individual patient BPPV has to be taken into account as specific cause for a vertigo-related fall. Therefore, it is important to screen patients with paroxysmal vertigo for BPPV regardless of other causes and comorbidities.

We applied the Charlson-Index for a classification of the 1-year mortality rate (Charlson et al., 1987). We decided to apply this index for a more precise evaluation of the patient's severity of different comorbidities. Our results show a significantly higher fraction of patients with a high CCI in the geriatric group in comparison to the control. The diagnosis of multimorbidity in addition to the diagnosis of BPPV may be related to difficult diagnostic and repositioning maneuvers but, as our study indicates, the search and treatment for BPPV is possible even in a patient population at advanced age with multimorbidity.

4.6. Limitations

The group of 71 patients with BPPV was divided into geriatric and non-geriatric groups, which implies that both groups had patients affected with BPPV. We had no non-affected control group or a control group without multimorbidity for a comparison between

multimorbidity and the relation to falls.

4.7. Intention

We demonstrate that in patients with falls at advanced age and hints in their medical history for positional vertigo it is of high importance to actively search for BPPV. Despite the physical limitations related to the higher age it is possible to detect and treat patients affected by BPPV. The "Clinical Practice Guideline" (Bhattacharyya et al., 2017) and other studies (Neuhauser, 2009; Seemungal, 2016) demonstrate that a better knowledge of BPPV could reduce the quantity of people living with the complaints caused by BPPV. This could imply a decreased rate of falls and gait disorder as well as a decreased rate of injuries and in-patient stays. The improved insight could result in faster medical care, diagnosis and treatment if patients present with the typical signs and symptoms. This could lead to reduced hospitalization with expensive examinations and screenings like MRI. Furthermore, in the case of hospitalization it could shorten the duration of the stay. The return back to daily life without vertigo and risk of falls leads to a better quality of life (Metz, 2000). An important aspect is the reduction of expenses related to unnecessary medications not required in the case that BPPV can be determined and treated. This is positively related to the general geriatric goal to reduce poly medication at advanced age.

5. Conclusions and implications

BPPV is a typical disease of old age. It is accompanied by an increased rate of falls and fractures, with possible high costs for hospitalization, unnecessary medications and a reduced quality of life. Therefore, clinical search for a benign paroxysmal positional vertigo should be performed in any outpatient as well as hospitalized patients with a history of falls, unspecified dizziness and vertigo to prevent falls, fractures and other injuries. Moreover, an appropriate diagnosis and therapeutic intervention of BPPV in a "theragnostic" session shall prevent prolonged hospitalization with unnecessary examinations and medications. This may lead to less complications due to less prescription of inappropriate medications as well as a reduction of medical expenses.

This study demonstrates that the search for BPPV in a geriatric patient population is possible and should be performed even in the context of multi-morbidity to ensure proper and successful treatment of the patients.

Acknowledgements

We would like to thank Karim Edward Kane, Jalil Kane and Lisanne Krieger for editorial help with the manuscript and Fig. 1, as well as the Herbert-Worch-Stiftung for supporting our research.

References

- Bergland, A., Jarnlo, G., Laake, K., 2003. Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clin. Exp. Res.* 15 (1), 43–50.
- Bertholon, P., Brandt, T., Fife, T., Imai, T., Nuti, D., Newman-toker, D., 2015. Benign paroxysmal positional vertigo : diagnostic criteria. *J. Vestib. Res.* 25, 105–117. <https://doi.org/10.3233/VES-150553>.
- Bhattacharyya, N., Gubbels, S.P., Schwartz, S.R., et al., 2017. Clinical practice guideline : benign paroxysmal positional vertigo (update). *Am. Acad. Otolaryngol.* (6) <https://doi.org/10.1177/0194599816689667>.
- Bhattacharyya, N., Baugh, R.F., Orvidas, L., et al., January 2008. Clinical practice guideline : benign paroxysmal. *Am. Acad. Otolaryngol. Neck Surg. Found.* 2008 <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2008.08.022>.
- Brandt, T., Strupp, M., Dieterich, M., 2014. Towards a concept of disorders of higher vestibular function. *Front. Integr. Neurosci.* 8 (June), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00047>.
- Bressi, F., Vella, P., Casale, M., et al., 2017. Vestibular rehabilitation in benign paroxysmal positional vertigo: reality or fiction? *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 30 (2), 113–122. <https://doi.org/10.1177/0394632017709917>.
- von Brevren, M., Radtke, A., Lezius, F., et al., 2007. Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo: a population based study. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 710–715. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.100420>.

- von Brevern, M., Seelig, T., Neuhauser, H., Lempert, T., September 2003. Benign paroxysmal positional vertigo predominantly affects the right labyrinth. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 2004, 1487–1488. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2003.031500>.
- Charlson, M.E., Pompei, P., Ales, K.L.M.C., 1987. In: *A New Method of Classifying Prognostic Comorbidity in Longitudinal Studies: Development and Validation*, 40, pp. 373–383.
- Chau, A.T., Menant, J.C., Hübner, P.P., Lord, S.R., Migliaccio, A.A., 2015. Prevalence of vestibular disorder in older people who experience dizziness. *Front. Neurol.* 6 (DEC), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00268>.
- Cohen, H.S., 2004. Side-lying as an alternative to the Dix-Hallpike test of the posterior canal. *Otol. Neurotol.* 130–134.
- Cohen, H.S., Sangi-haghpeykar, H., 2010. Nystagmus Parameters and Subtypes of Benign Paroxysmal Positional Vertigo, 6489. <https://doi.org/10.3109/00016481003664777>.
- D'Silva, L.J., Whitney, S.L., Santos, M., Dai, H., Kluding, P.M., 2017. The impact of diabetes on mobility, balance, and recovery after repositioning maneuvers in individuals with benign paroxysmal positional vertigo. *J. Diabetes Complicat.* 31 (6), 976–982. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2017.03.006>.
- Feil, K., Feurecker, R., Goldschagg, N., et al., 2018. Predictive capability of an iPad-based medical device (medx) for the diagnosis of vertigo and dizziness. *Front. Neurol.* 9 (FEB), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00029>.
- Fife, T.D., Iverson, D.J., Lempert, T., et al., 2008. Practice parameter: therapies for benign paroxysmal positional vertigo (an evidence-based review): report of the quality standards Subcommittee of the American Academy of neurology. *Neurology* 70 (22), 2067–2074. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000313378.77444.ac>.
- Furman, J., Cass, S., 1999. Benign paroxysmal positional vertigo. *N. Engl. J. Med.* 341, 1590.
- Gaur, S., Awasthi, S.K., Bhadouriya, S.K.S., Saxena, R., Pathak, V.K., Bisht, M., 2015. Efficacy of Epley's maneuver in treating BPPV patients: a prospective observational study. *Int. J. Otolaryngol.* 2015, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2015/487160>.
- Gillespie, L.D., Gillespie, W.J., Robertson, M.C., Lamb, S.E., Cumming, R.G., Rowe, B.H., 2009. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Collab.* (1) <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000340>.
- Heyn, G., 2004. Schwindel hat viele Ursachen. *Pharm. Ztg.* 1–9.
- Hilton, M., Pinder, D., 2014. The epley manoeuvre for benign paroxysmal positional vertigo. *Cochrane Database Syst. Rev.* 12, 1–38. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003162.pub3>. www.cochranelibrary.com.
- Im, D.H., Yang, Y.S., Choi, H., Choi, S., Shin, J.E., Kim, C.H., 2017. Pseudo-spontaneous nystagmus in horizontal semicircular canal canalolithiasis. *Medicine (United States)* 96 (34), 1–5. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000007849>.
- Iwasaki, S., Yamasoba, T., 2015. Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *Aging Dis.* 6 (1), 38. <https://doi.org/10.14336/AD.2014.0128>.
- Jahn, K., Kressig, R., Bridenbaugh, S., Brandt, T., Schniepp, R., 2015. Dizziness and unstable gait in old age—etiology, diagnosis and treatment. *Dtsch. Arztebl. Int.* 112 (5), 387–393. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0387>.
- Kannus, P., Sievänen, H., Palvanen, M., Järvinen, T., Parkkari, J., 2005. Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet* 2005, 366. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67604-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67604-0).
- Kim, H.J., Kim, J.S., 2017. The patterns of recurrences in idiopathic benign paroxysmal positional vertigo and self-treatment evaluation. *Front. Neurol.* 8 (DEC), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00690>.
- Metz, D.H., 2000. In: *Mobility of Older People and Their Quality of Life*, 7. Elsevier Sci Ltd, pp. 149–152.
- Michael, P., Oliva, C.E., Nuñez, M., Barraza, C., Faúndez, J.P., Breinbauer, H.A., 2016. An abbreviated diagnostic maneuver for posterior benign positional paroxysmal vertigo. *Front. Neurol.* 7 (JUL), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00115>.
- Neuhauser, H.K., 2009. Epidemiologie von schwindelerkrankungen. *Nervenarzt* 2009, 887–894. <https://doi.org/10.1007/s00115-009-2738-9>.
- Oghalai, J.S., Manolidis, S., Barth, J.L., Stewart, M.G., 2000. Unrecognized benign paroxysmal positional vertigo in elderly patients. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 122, 630–634. <https://doi.org/10.1067/mhn.2000.105415> doi:10.1067/mhn.2000.105415.
- Ogun, O.A., Janky, K.L., Cohn, E.S., Büki, B., Lundberg, Y.W., 2014. Gender-based comorbidity in benign paroxysmal positional vertigo. *PLoS One.* 9 (9), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105546>.
- P. Pérez-Vázquez VF-G., 2017. ScienceDirect treatment of benign paroxysmal positional vertigo. A clinical review. *J. Otol.* 12, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2017.08.004>.
- Parnes, L.S., Agrawal, S.K., Atlas, J., 2003. Diagnosis and management of benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *Can. Med. Assoc.* 169 (7).
- Peel, N.M., 2019. Epidemiology of falls in older age. *Can. J. Aging* 30 (1), 7–19. <https://doi.org/10.1017/S071498081000070X>.
- Rainer, S., Heiko, R., Thomas, B., et al., 2017. Treatment of dizziness: an interdisciplinary update. *Swiss Med. Wkly.* 147 (51–52), 1–11. <https://doi.org/10.4414/smw.2017.14566>.
- Rantakokko, M., Mänty, M., Rantanen, T., 2013. Mobility decline in old age. *Exerc. Sport Sci. Rev. by Am. Coll. Sport Med.* 19–25.
- Salive, M.E., 2013. Multimorbidity in Older Adults. In: *Epidemiol Rev Publ.* 35. Oxford Univ Press, pp. 75–83. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxs009>, 4.
- Schmid-Prisecoveanu, A., Allum, J.H.J., 1999. Die infrarot- und die videookulographie – alternativen zur Elektrookulographie? *HNO* 47 (5), 472–478. <https://doi.org/10.1007/s001060050407>.
- Seemungal, B.M., 2016. Screening for BPPV in falls : an easy but big clinical “ win”. *BMJ* 3004 (June), 3004. <https://doi.org/10.1136/bmj.i3004>.
- Snijders, A.H., Van De Warrenburg B.P., Giladi, N., Bloem, B.R., 2007. Neurological gait disorders in elderly people: clinical approach and classification. *Lancet Neurol.* 6 (January), 63–74.
- Strupp, M., Brandt, T., 2009. Current treatment of vestibular, ocular motor disorders and nystagmus. *Ther. Adv. Neurol. Disord.* 2 (4), 223–239. <https://doi.org/10.1177/1756285609103120>.
- Strupp, M., Thurtell, M.J., Shaikh, A.G., Brandt, T., Zee, D.S., Leigh, R.J., 2011. Pharmacotherapy of vestibular and ocular motor disorders, including nystagmus. *J. Neurol.* 258 (7), 1207–1222. <https://doi.org/10.1007/s00415-011-5999-8>.
- Strupp, M., Dieterich, M., Brandt, T., 2013. The treatment and natural course of peripheral and central vertigo. *Dtsch Arzteblatt.* 110, 505–517. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0505>.
- Yacovino, D.A., Hain, T.C., Gualtieri, F., 2009. New therapeutic maneuver for anterior canal benign paroxysmal positional vertigo. *J. Neurol.* 256, 1851–1855. <https://doi.org/10.1007/s00415-009-5208-1>.
- Yu, S., Liu, F., Cheng, Z., Wang, Q., 2014. Association between osteoporosis and benign paroxysmal positional vertigo: a systematic review. *BMC Neurol.* 14 (1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-14-110>.

3. Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlichst bei Herrn Prof. Dr. med. Jacobs und Frau Dr. Frackowiak für die Überlassung dieses spannenden Themas bedanken. Die Freiheit, die mir bei der Festlegung und Bearbeitung dieses Themas gelassen wurde, haben essentiell zum Gelingen meines Promotionsvorhabens, als auch der Veröffentlichung beigetragen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. med. Heneka, welcher als mein Doktorvater an der Universität Bonn fungierte. Seine Ratschläge und Verbesserungen waren für die Fertigstellung der Promotion und der Veröffentlichung des Papers von grundlegender Bedeutung.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich erneut Herrn Prof. Dr. med. Jacobs aussprechen. Er stand mir von Beginn an als Betreuer meines Promotionsvorhabens zur Seite und unterstützte mich durchgehend, wann immer ich Hilfe benötigte. Darüber hinaus konnte mich Herr Prof. Dr. med. Jacobs für die klinische Forschung begeistern, so dass ich ihm sehr für die Motivation danken muss, auch über dieses Promotionsvorhaben und diese Veröffentlichung hinaus, weiterhin Forschung betreiben zu wollen.

Ebenfalls möchte ich Dr. rer. nat. Moritz Berger vom Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie (IMBIE) der Universität Bonn danken, der mir für alle Fragen bezüglich der Statistik jederzeit tatkräftig zur Seite stand. Ein besonderer Dank gilt auch Lisanne Krieger für die administrative Hilfestellung, Jalil Kane aus London der mir bei der Verbesserung des Papers zur Seite stand sowie Karim Edward Kane, der mich bei den Erstellungen der Grafiken unterstützte.

Die hier vorliegende Studie konnte ich während meiner Zeit als Doktorandin in der Abteilung für Geriatrie und Neurologie des Johanniter Krankenhauses Bonn sowie des Deutschen Zentrums für neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) des Universitätsklinikums Bonn anfertigen. Ich möchte mich daher abschließend bei dem gesamten Team, welches mich bei der Erhebung der Daten unterstützt hat, bedanken.