

**Der Effekt von osteopathischen Techniken an den
Querdiaphragmen zusätzlich zu einem
konventionellen Gleichgewichts- und
Sturzpräventionstraining auf die posturale Stabilität
und Balance-Sicherheit bei geriatrischen
Patient_innen**

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Studium Osteopathie

eingereicht von

Tanja Gmoser, Bsc.

Department für Gesundheitswissenschaften, Medizin und Forschung

an der Universität für Weiterbildung Krems

Betreuer_in: Sarah Bolick, MSc. und Isabelle Schüssler, MSc

Betreuer_in: Raimund Engel, MSc D.O.

Wien, 10.11.2025

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Tanja Gmoser BSc., erkläre hiermit an Eides statt:

Ich habe meine Masterarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient.

Folgende KI-gestützte Tools wurden unterstützend zur wissenschaftlichen Eigenleistung verwendet:

- Chat-GPT für Textüberarbeitung und Datenanalyse

Ich bin für sämtliche Inhalte meiner Arbeit, einschließlich der durch KI-gestützte Tools generierten oder unterstützten Passagen, allein verantwortlich und die Einhaltung wissenschaftlicher Standards liegt in meiner alleinigen Verantwortung.

Ich habe meine Masterarbeit oder wesentliche Teile daraus bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Ich habe, falls die Masterarbeit mein Unternehmen und/oder eine_n externe_n Kooperationspartner_in betrifft, diese über Titel, Form und Inhalt der Masterarbeit unterrichtet und ihr_sein Einverständnis eingeholt.

Datum: 10.11.2025

Unterschrift:



DANKSAGUNGEN

An dieser Stelle möchte ich meiner Familie und all meinen Freund_innen von Herzen danken, die mich während meiner gesamten Osteopathieausbildung und dieses intensiven Lebensabschnitts begleitet, unterstützt und ermutigt haben.

Mein tiefster Dank gilt meiner Familie und meinen engsten Freundinnen, die mich immer in meinem Tun bestärkt haben. Ohne eure Unterstützung wäre der erfolgreiche Abschluss dieser Ausbildung, einschließlich der Masterarbeit, nicht möglich gewesen.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Freundin und Studienkollegin Saskia Rainer für ihre bedingungslose Unterstützung, die bestärkenden Worte, das gegenseitige Mutmachen und all die anregenden und oft auch lustigen Gespräche. Ohne diesen gemeinsamen Rückhalt hätten wir so manche Herausforderung nicht mit so viel Leichtigkeit und Stärke gemeistert. Danke!

Ein großes Danke geht auch an meinen Mann, der mir in den vergangenen Monaten und Jahren mit viel Geduld, Verständnis und Liebe zur Seite gestanden hat. Danke, dass du mir den Rücken freigehalten und mich in jeder Phase dieses Weges mit Vertrauen und Zuversicht unterstützt hast.

ABSTRACT DEUTSCH

Wissenschaftlicher Hintergrund:

Stürze und Gleichgewichtsstörungen im Alter sind ein zentrales Gesundheitsrisiko. Angesichts des demografischen Wandels gewinnt die Sturzprävention an Bedeutung. Die posturale Kontrolle als Schlüsselfaktor basiert auf komplexen senso-neuro-muskulären Prozessen, welche durch osteopathische Techniken beeinflusst werden können. Diese Studie untersucht den Effekt von drei osteopathischen Querdiaphragmenbehandlungen in Kombination mit einem Sturzpräventionstraining auf die posturale Kontrolle älterer Menschen.

Methodik:

30 Personen (Ø: 78,25 J., SD: 5,85) nahmen an der Studie teil. Eine Gruppe absolvierte ein Trainingsprogramm zur Sturzprophylaxe (12 Einheiten á 50 Minuten), die andere Gruppe erhielt zusätzliche osteopathische Querdiaphragmenbehandlungen (3 Einheiten á 45 Minuten). Erhoben wurden 4 Gleichgewichtsparameter zu Studienbeginn und -ende. Diese Prä-/Post-Interventionswerte wurden mittels t-Test/Wilcoxon-Test innerhalb der Gruppe und mittels t-Test/Mann-Whitney-U-Test im Gruppenvergleich ausgewertet.

Ergebnisse:

Beide Gruppen verbesserten sich signifikant in den Gleichgewichtstests, jedoch ohne signifikante Unterschiede im Gruppenvergleich ($p > 0,05$). Die Querdiaphragmenbehandlung führte zu homogeneren Testverbesserungen und zu einer signifikanten klinischen Sturzrisikoreduktion (im AST) bei RisikopatientInnen. Dies deutet auf einen praktischen Nutzen der Intervention hin. Die Sturzangst nahm in der Interventionsgruppe stärker ab, jedoch ohne statistische Signifikanz ($p > 0,05$).

Conclusio:

Trotz methodischer Limitationen (kleine Stichprobe, fehlende instrumentelle Messung, Bias-Risiko) liefert die Studie Hinweise auf eine potenzielle klinische Relevanz osteopathischer Interventionen und legt einen weiteren Forschungsbedarf nahe.

Stichworte (Autor innenschlagwörter):

posturale Kontrolle, Gleichgewicht, Geriatrie, Diaphragmen, Osteopathie

ABSTRACT ENGLISCH

Background:

Falls and balance disorders in older adults are a major health risk. With demographic changes, fall prevention is gaining importance. Postural control, as a key factor, is based on complex sensorimotor and neuromuscular processes that can potentially be influenced by osteopathic techniques. This study investigates the effect of three osteopathic treatments targeting the horizontal diaphragms in combination with a fall prevention training program on the postural control of older adults.

Research design and method:

Thirty participants (mean age: 78.25 years, SD: 5.85) took part in the study. One group received a fall prevention training program (12 sessions of 50 minutes each), while the other group additionally received three osteopathic treatments focused on the horizontal diaphragms (3 sessions of 45 minutes each). Four balance parameters were assessed at the beginning and end of the study. Pre-/post-intervention values were statistically analyzed within groups using t-tests/Wilcoxon tests and between groups using t-Test/Mann-Whitney U tests.

Results:

Both groups showed significant improvements in balance tests, but no significant differences between groups ($p > 0.05$). The diaphragm treatment group showed more homogeneous improvements and a significant clinical reduction in fall risk (AST) among high-risk participants, suggesting potential practical benefits. Fear of falling decreased more in the intervention group, though without statistical significance ($p > 0.05$).

Conclusion

Despite methodological limitations (small sample size, lack of instrumental measurements, potential bias due to the study leader's dual role), the study provides indications of possible clinical relevance of osteopathic interventions and highlights the need for further research.

Keywords:

postural control, balance, geriatrics, diaphragms, osteopathy

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNGEN	I
ABSTRACT DEUTSCH	II
ABSTRACT ENGLISCH	III
INHALTSVERZEICHNIS	1
1 Einleitung.....	4
2 Stand der Wissenschaft	7
2.1 Der_Die geriatrische Patient_in	7
2.2 Balance und posturale Stabilität/Kontrolle	8
2.2.1 Systeme und Mechanismen der posturalen Kontrolle.....	9
2.2.2 Testung des Gleichgewichts.....	13
2.3 Stürze und Sturzrisikofaktoren.....	14
2.4 Altersbedingte Veränderungen im Gleichgewicht und Sturzrisiko.....	14
2.4.1 Veränderung neurologischer Funktionen	15
2.4.2 Muskuloskelettale Veränderungen	15
2.4.3 Veränderung der Sinnesorgane	16
2.4.4 Respiratorische Funktionseinschränkung.....	16
2.5 Querdiaphragmen und ihre osteopathischen Korrespondenzen.....	17
2.5.1 Cranio-cervikaler Übergang – erstes transversales Diaphragma	18
2.5.2 Cervico-thorakaler Übergang – zweites transversales Diaphragma ...	19
2.5.3 Thorako-lumbaler Übergang – drittes transversales Diaphragma	20
2.5.4 Lumbo-sacraler Übergang – viertes transversales Diaphragma.....	21
2.6 Querdiaphragmen und posturale Kontrolle.....	22
3 Forschungsdesign und -methode	26
3.1 Forschungsfrage	26
3.2 Hypothesen	26
3.3 Forschungsdesign.....	26
3.4 Stichprobenbeschreibung	26
3.4.1 Einschlusskriterien	26
3.4.2 Ausschlusskriterien	27

3.5	Abbruchkriterien	29
3.6	Zielparameter	29
3.7	Studienablauf	32
3.8	Interventionen.....	34
3.8.1	Intervention in der Kontrollgruppe.....	34
3.8.2	Intervention in der Versuchsgruppe.....	34
3.8.2.1	Tentorium Cerebelli.....	34
3.8.2.2	Craniocervikales Diaphragma.....	35
3.8.2.3	Cervicothorakales Diaphragma.....	36
3.8.2.4	Diaphragma abdominale.....	36
3.8.2.5	Diaphragma pelvis und urogenitale.....	37
3.9	Datenverarbeitung und -auswertung.....	38
4	Ergebnisse	40
4.1	Beschreibung der Gesamtstichprobe.....	40
4.2	Beschreibung sekundären Parameter der beiden Gruppen.....	40
4.2.1	Sekundärer Parameter – Sturzereignisse zu T0	42
4.2.2	Sekundärer Parameter – Sturzangst.....	42
4.2.2.1	Sturzangst zu T0.....	42
4.2.2.2	Sturzangst zu T1	43
4.3	Beschreibung der Hauptparameter zur Erhebung der posturalen Kontrolle	44
4.3.1	Static Balance Test (SBT)	44
4.3.2	Functional Reach Test (FRT)	45
4.3.3	Alternate Step Test (AST).....	46
4.3.4	Gehtest.....	49
5	Diskussion	51
5.1	Interpretation der Ergebnisse.....	51
5.2	Hypothesenbeantwortung	54
5.3	Einschränkungen und Limitationen der Studie	54
5.3.1	Einschränkungen und Limitationen des Forschungsdesigns und der - methode	55
5.3.1.1	Studiendesign und Stichprobe.....	55

5.3.1.2	Bias.....	55
5.3.1.3	Methodik.....	56
5.3.1.4	Intervention.....	57
5.3.2	Einschränkungen und Limitationen der Studienergebnisse	57
5.4	Bedeutung der Ergebnisse für die Osteopathie.....	58
6	Zusammenfassung und Schlussbetrachtung.....	59
	LITERATURVERZEICHNIS	61
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	73
	TABELLENVERZEICHNIS	74
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	75
	ANHANG.....	76
	ANHANG A - PatientInneninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme.....	76
	ANHANG B – Übersicht über Unterschiede zwischen Baseline- und Endmessung aller Gleichgewichtstests.....	82

1 Einleitung

Aktuelle Daten der World Health Organisation (WHO) weisen auf das steigende Durchschnittsalter der Weltbevölkerung hin. Bis 2030 wird jede sechste Person weltweit 60 Jahre und älter sein und diese Gruppe somit ungefähr 1,4 Milliarden Menschen ausmachen. Schätzungen zufolge wird sich die Bevölkerungsgruppe über 60 Jahre bis zum Jahr 2050 auf 2,1 Milliarden Menschen verdoppeln. Vor allem in der Altersgruppe von Menschen ab 80 Jahren wird zwischen 2020 und 2050 eine Verdreifachung der Anzahl auf 426 Millionen erwartet (World Health Organisation, 2025).

Laut Statistik Austria (2024) waren 2023 in Österreich über 1,8 Millionen Menschen über dem 65. Lebensjahr und bildeten somit 19,72 % der Bevölkerung. Der Anteil der über 65-Jährigen wird bis zum Jahr 2050 auf 2,7 Millionen anwachsen (+27,4 % gegenüber 2023). Dabei zählen circa 1,6 Millionen Personen zu der Altersgruppe der 65-79 Jährigen und circa 1,1 Millionen zu der Altersgruppe der Betagten und Hochbetagten (> 80 Jahre).

Angesichts dieser demografischen Entwicklung stehen viele Länder, darunter auch Österreich, vor der Herausforderung, ihr Gesundheits- und Sozialsystem so zu gestalten, dass sie den zukünftigen Anforderungen gerecht werden können (World Health Organisation, 2025).

Ein zentrales Thema in diesem Zusammenhang ist die Sturzprophylaxe, da die Sturzinzidenz ab dem 65. Lebensjahr deutlich ansteigt (Lelard & Ahmadi, 2015; Tinetti, 2003). Stürze, Gangstörungen und Gleichgewichtsstörungen stellen die häufigste Unfallursache in der Geriatrie (ca. zwei Drittel) dar und gehen mit einer erheblichen (Multi-)Morbidity und Mortalität einher (Blake et al., 1988; Deandrea et al., 2010; Noll, 2013). Es wird geschätzt, dass jede dritte Person mit einem Alter über 65 Jahren mindestens einmal pro Jahr stürzt (Gschwind et al., 2013). Bis zu 45 % der Hospitalisierungen von über 65-Jährigen sind sturzbedingt und bis zu 10 % der Stürze bei älteren Menschen führen zu behandlungsbedürftigen und schweren Verletzungen wie Oberschenkelhalsfrakturen oder Kopftraumata (Davison et al., 2005; Fischer et al., 2005). Wiederholte Stürze haben auch psychosoziale Folgen wie Sturzangst (Schlee & Freiberger, 2016). Zusammengefasst resultieren aus Stürzen eine Vermeidungshaltung, der Verlust des Vertrauens in die Fähigkeit, alltägliche Aufgaben zu bewältigen, eine Verminderung der Autonomie sowie soziale Isolation; sie führen auch zu einer Zunahme von Krankenhausaufenthalten und erhöhen das Risiko einer

vorzeitigen Pflegebedürftigkeit (Balzer et al., 2012; Davison et al., 2005; Gschwind et al., 2013; Lelard & Ahmaidi, 2015).

Um das Sturzrisiko und die Sturzhäufigkeit bei älteren Erwachsenen zu reduzieren und eine langfristige Selbstständigkeit und hohe Lebensqualität zu erzielen, bedarf es der Erhaltung der posturalen Stabilität (statisch und dynamisch) und der Balance-Sicherheit im Alltag (Fischer et al., 2005; Gehrman, 2015; Jansenberger, 2011).

In der Literatur werden diesbezüglich nur begrenzt wirksame Präventions- und Behandlungsmöglichkeiten, wie aktives Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining im Rahmen der Bewegungs- und Physiotherapie (Kümmel et al., 2016; Lesinski et al., 2015), sowie die positiven Auswirkungen von Sportarten, wie zum Beispiel Yoga (Khazaei et al., 2014; Morris, 2008), beschrieben. Aufgrund der limitierten Anzahl verfügbarer Interventionen besteht die Notwendigkeit, andere Ansätze zu erkunden, beispielsweise die osteopathische Behandlung.

Im Bereich der osteopathischen Forschung wurden bislang nur wenige wissenschaftliche Arbeiten über Techniken zur Sicherung und Unterstützung der posturalen Kontrolle veröffentlicht (Gehrman, 2015; Jones et al., 2004; Vaillant et al., 2009; Veloso et al., 2016).

Bekannt ist, dass das thorakale Diaphragma durch seine Spannungszustände maßgebend an der posturalen Kontrolle und vor allem an der Rumpfkontrolle beteiligt ist (Kocjan et al., 2018; Massery, 2006). Ein positiver Effekt auf die posturale Kontrolle über die horizontalen Diaphragmen durch deren fasziale Kontinuität im gesamten menschlichen Körper ist anzunehmen (Bordoni & Pellegrini, 2023; Bordoni & Zanier, 2015). Ebenso sind positive Effekte auf das Gleichgewicht durch Techniken am Cranium, an dessen Membranen und der Halswirbelsäule bekannt (Lopez et al., 2011). Zudem konnten vorteilhafte Auswirkungen von Techniken am Beckenboden auf die posturale Stabilität nachgewiesen werden (Hodges et al., 2007; Mihaľová et al., 2022). Zusätzlich sind Interventionen am Thoracic Outlet mit positiven Auswirkungen annehmbar, jedoch sind diese noch nicht weiter evaluiert worden.

In Bezug auf die osteopathische Behandlung der Querdiaphragmen liegt bisher nur eine Studie von Peleman (2019) vor, die die Auswirkungen bei GymnastInnen evaluierte. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde diese Theorie zur Reduktion von Sturzereignissen und zur Verbesserung von Gleichgewicht und Gang bei älteren Menschen noch nicht untersucht.

Deshalb soll im Rahmen dieser Masterarbeit untersucht werden, welchen Einfluss die Kombination von Techniken an den Querdiaphragmen auf die posturale Kontrolle bei Menschen über 65 Jahren hat, um neue Einsatzmöglichkeiten der osteopathischen Therapie zur Behandlung von Stürzen, Gangstörungen und Gleichgewichtsstörungen zu erforschen.

2 Stand der Wissenschaft

2.1 Der/Die geriatrische Patient_in

Grundsätzlich bezieht sich der Terminus „geriatrische_r Patient_in“ auf Menschen im Alter von 60 Jahren oder älter (Singh et al., 2012).

In der Geriatrie wird je nach Lebensalter unterschieden in:

- junge Alte (60 bis 75 Jahre)
- Alte (75 bis 85 Jahre)
- Hochbetagte (über 85 Jahre)
- langlebige Menschen (über 100 Jahre) (Lechleitner, 2007).

Prinzipiell zeichnen sich geriatrische Patient_innen durch ihr höheres biologisches und kalendarisches Alter sowie die geriatrisch-typische Häufung von Diagnosen und Erkrankungen aus. Dabei ist die Multimorbidität dem Alter in der Relevanz voranzustellen (Füsgen et al., 2000; Lechleitner, 2007, 2022). Die Multimorbidität, sei sie alters- oder krankheitsbedingt, führt zu physischen, psychischen und (psycho-)sozialen Einschränkungen (Lechleitner, 2022).

Der Alterungsprozess charakterisiert sich in einem fortschreitenden Verlust an Komplexität und Dynamik physiologischer Prozesse (Höhnle, 2024). Ältere Menschen zeigen eine umfangreiche, jedoch unspezifische, klinische Symptomatik (geriatrisches Syndrom), einen verlängerten Krankheitsverlauf und eine verzögerte Genesung. Sie weisen folglich eine verminderte körperliche Belastbarkeit auf, die sich in einer Verschlechterung des Allgemeinzustands, Schwäche und einer erhöhten Sturzneigung äußert (Lechleitner, 2007).

Diese Veränderungen sind häufig auf Anpassungen des Herz-Kreislauf-Systems (Blutdruck- und Herzfrequenzregulation, verringerte respiratorische Funktion) und des Bewegungsapparats (Sarkopenie) zurückzuführen (Deandrea et al., 2010; Dziechciaż & Filip, 2014; Lechleitner, 2007). Auch eine Abnahme der Qualität von Knochendichte, Knorpelsubstanz und Ausdünnung von Sehnenmaterial ist häufig (Dziechciaż & Filip, 2014). Ebenfalls finden Veränderungen im Nervensystem statt, wie Atrophie von weißer und grauer Substanz, Erweiterung der Ventrikel, Neurotransmitterstörungen und Störungen in der Signalübertragung, inklusive Reflexabschwächung, Verringerung der Somatosensorik/Propriozeption und Muskeltonusminderung (Dziechciaż & Filip, 2014). Gleichmaßen treten psychosoziale Symptome wie kognitive Defizite einschließlich Demenz, Depressionen und Angststörungen auf, die die Handlungskompetenz negativ

beeinflussen (Singh et al., 2012). Zusätzlich kommt es altersbedingt zu Veränderungen an den Sinnesorganen, vor allem zu visuellen und vestibulären Einschränkungen (Dziechciaż & Filip, 2014), und es können Beschwerden aufgrund von (Zell-) Dehydrierung und eines mangelnden Ernährungszustandes auftreten (Dziechciaż & Filip, 2014; Lechleitner, 2007). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Medikation: Aufgrund der altersassoziierten strukturellen und funktionellen Veränderungen nehmen viele ältere Menschen regelmäßig mehrere Medikamente ein, deren Kombination zu Nebenwirkungen und unerwünschten Wechselwirkungen führen kann (Lechleitner, 2022).

Geriatrische Patient_innen sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt, bei akuten Erkrankungen ihre Selbstständigkeit zu verlieren und bei Krankheiten bzw. Verletzungen Komplikationen, eine Chronifizierung und/oder Folgeerscheinungen zu erleiden (Lechleitner, 2022; Schlee & Freiberger, 2016).

Diese somatosensorischen, orthopädischen und kardiovaskulären Veränderungen, die Polymedikation, aber auch die altersbedingten visuellen und vestibulären Einschränkungen ziehen oft Schwierigkeiten in den grundlegenden Aktivitäten des täglichen Lebens (Selbstversorgung, Transfer, Fortbewegung) und eine erhöhte Sturzgefahr nach sich (Tatum et al., 2011).

2.2 Balance und posturale Stabilität/Kontrolle

Die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts ist eine fundamentale Voraussetzung für die sichere Bewältigung alltäglicher Aktivitäten sowie die Sturzprävention (Alexander, 1994; Sibley et al., 2015).

Die Balance, auch Gleichgewicht genannt, wird dabei als die koordinative Fähigkeit beschrieben, den Körperschwerpunkt (KSP/COM) innerhalb der Unterstützungsfläche zu kontrollieren sowie während und nach einer Verlagerung des Körpers zu stabilisieren, aufrechtzuerhalten oder wiederherzustellen (Alexander, 1994; Buscemi et al., 2017; Horak, 2006; Pollock et al., 2000).

Die Begriffe Balance, Gleichgewicht, posturale Stabilität und posturale Kontrolle werden oft synonym verwendet, wobei laut Pollock et al. (2000) die Balance/das Gleichgewicht als 'die Fähigkeit einer Person, nicht zu fallen' definiert ist. Die posturale Kontrolle hingegen, auch posturale Stabilität genannt, ist ein spezifischer Aspekt des Gleichgewichts und wird interpretiert als 'die Durchführung einer Handlung, um das Gleichgewicht in jeder Haltung oder Aktivität aufrechtzuerhalten, zu erlangen oder

wiederzuerlangen' (Alexander, 1994; Pollock et al., 2000). Huber (2014) definiert die posturale Kontrolle als Fähigkeit des neuromuskulären Systems, bei der durch adäquate muskuläre Aktivierung äußere Gravitationskräfte ausgeglichen werden, um die aufrechte Körperhaltung zu ermöglichen.

Im Kontext der posturalen Kontrolle ist zwischen statischer und dynamischer Anforderung und Aufgabe zu differenzieren. Das statische Gleichgewicht bezieht sich auf den Steady-State (korrektive muskuläre Reaktion und Beibehaltung einer bestimmten Haltung durch muskuläre Aktivität, wie z. B. Sitzen oder Stehen), bei dem die Unterstützungsfläche gleich bleibt und sich nur der Schwerpunkt bewegt. Selbst im Zustand des ruhenden Stehens zeigt der menschliche Körper im Verhältnis zu den fixierten Füßen kontinuierliche mikroskopische Bewegungen. Diese minimalen Oszillationen repräsentieren physiologische Prozesse (z. B. Respiration), welche zur Aufrechterhaltung des posturalen Gleichgewichts beitragen (Hodges et al., 2002). Beim dynamischen Gleichgewicht wiederum verschieben sich die Unterstützungsfläche und der Schwerpunkt. Dieses wird in zwei Kategorien unterteilt: Dynamisch-antizipativ meint willkürliche Bewegungen, wie z. B. die Bewegung zwischen den Haltungen, und unter dynamisch-reaktiv versteht man die Reaktion auf eine äußere Störung, wie z. B. ein Stolpern, ein Ausrutschen oder einen Stoß (Granacher et al., 2011; Huber, 2016; Knuchel & Schädler, 2004; Pollock et al., 2000). Die posturale Kontrolle umfasst sozusagen die antizipatorische Verarbeitung geplanter und zukünftiger Bewegungsabläufe (Feedforward-Mechanismus) sowie die reaktive Haltungsanpassung nach äußeren Störungen und Einflüssen (Feedback-Mechanismus; Massion, 1992; Pollock et al., 2000; Taube, 2013).

2.2.1 Systeme und Mechanismen der posturalen Kontrolle

Die posturale Kontrolle gilt als eine komplexe motorische Kompetenz, die sich aus dem Zusammenspiel mehrerer Prozesse und Systeme ableitet und integraler Bestandteil der menschlichen Haltung und Bewegung ist (Horak, 2006; Pollock et al., 2000). Sie basiert auf der zentralnervösen Integration von sensorischen Informationen aus dem vestibulären System, dem visuellen System und dem somatosensorischen System/Propriozeption (Shumway-Cook & Woollacott, 2000; Taube, 2013). Diese drei Systeme geben spezifische Informationen über die Position und Bewegung des Körpers an alle Ebenen des Nervensystems weiter. Das Rückenmark, der Hirnstamm, das Cerebellum, die Basalganglien und der somatomotorische Kortex sind wesentliche

Strukturen des zentralen Nervensystems (ZNS), die an der Verarbeitung afferenter sensorischer Informationen und der Generierung efferenter motorischer Outputs beteiligt sind (Sousa et al., 2012). Diese neuronalen Komponenten interagieren synergistisch, um Reize zu integrieren und eine adäquate Antwort zu koordinieren (Sousa et al., 2012; Winter, 1995).

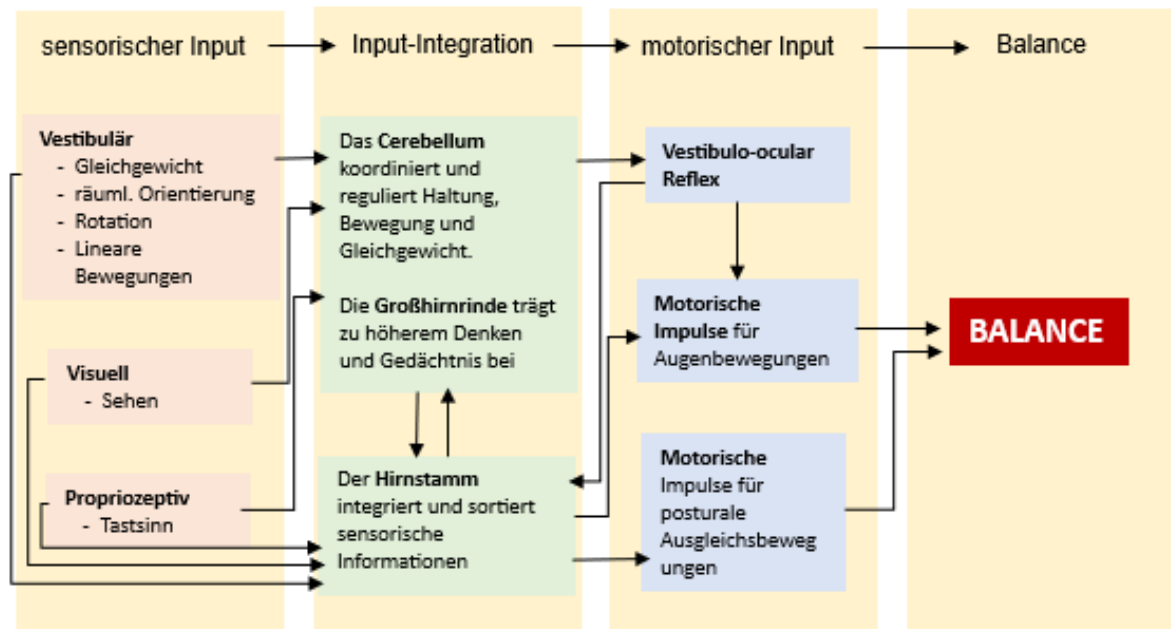


Abbildung 1: Das Gleichgewichtskontrollsystem (Vestibular Disorders Association, 2020)

Das visuelle System liefert Informationen über Position und Bewegung des Körpers im Verhältnis zur Umwelt (Peterka, 2002). Diese Reize werden über den Nervus Opticus zum Occipitallappen mit dem Sehzentrum geleitet (Antwerpes, 2021). Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass die posturale Stabilität signifikant verringert wird und die Körperschwankungen zunehmen, wenn visuelle Informationen wegfallen (Peterka, 2003).

Vestibuläre sensorische Signale erfassen die Kopfposition und deren Abweichungen in Bezug auf die vertikale Referenzachse, die durch die Schwerkraft definiert ist (Mergner et al., 2003). Dieses System ist speziell dafür ausgelegt, das Gleichgewicht während Haltung und Bewegung zu gewährleisten und einen angemessenen Haltungstonus in den Rumpf- und Extremitätenmuskeln aufrechtzuerhalten. Die Muskelreflexe von Hals, Augen, Rumpf und teilweise der Extremitäten sind darauf abgestimmt (Kristjansson & Treleaven, 2009). Es besteht aus zwei wichtigen Rezeptorsystemen: den 3 Bogengängen und den 2 Otolithenorganen (Utriculus und Sacculus) (Kristjansson & Treleaven, 2009; Matsumura & Ambrose, 2006; Mergner et al., 2003). Die Bogengänge

registrieren Winkeländerungen und Rotationen und sind sensibel auf schnelle Kopfbewegungen. Die spezialisierten Mechanorezeptoren im Otolithensystem liefern Informationen über die Position und Geschwindigkeit/Beschleunigung der Kopfbewegung (Kristjansson & Treleaven, 2009). Der Utriculus sendet Signale über die Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen, während der Sacculus hauptsächlich für Auf- und Abbewegungen verantwortlich ist (Matsumura & Ambrose, 2006). Alle diese Informationen laufen über den Nervus Vestibularis zu den Vestibularkernen und zum Kleinhirn (Kristjansson & Treleaven, 2009; Matsumura & Ambrose, 2006). Gemeinsam mit dem visuellen System ist es möglich, während Kopfbewegungen ein stabiles visuelles Bild aufrechtzuerhalten. Diese Fähigkeit wird als ‚vestibulo-okulomotorischer Reflex‘ bezeichnet und ist essenziell für eine gute posturale Stabilität (Matsumura & Ambrose, 2006).

Das somatosensorische System umfasst alle Informationen aus der Peripherie, welche zur Wahrnehmung von Schmerz, Temperatur, Berührung und Propriozeption führen und zum Teil unterbewusst verarbeitet werden (Kristjansson & Treleaven, 2009; Proske & Gandevia, 2012). Es spielt eine essenzielle Rolle bei der motorischen Kontrolle, denn ohne kontinuierliches propriozeptives Feedback sind wir nicht in der Lage, uns adäquat zu bewegen (Proske & Gandevia, 2012). Ein Beispiel dafür ist die Wahrnehmung der Beinausrichtung und -stellung relativ zur Auflagefläche (Peterka, 2002). Zu den Rezeptoren zählen Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorgane (empfindlich für Muskellänge und -spannung), Gelenksrezeptoren (empfindlich für Gelenkstellung, -bewegung und -belastung) und die Mechanorezeptoren in der Haut (empfindlich für Vibration, Berührung, lokalen Druck und Dehnung der Haut) (Peleman, 2019).

An der sensorischen Integration sind sowohl der Hirnstamm, das Kleinhirn, die Formation reticularis als auch der Thalamus beteiligt (interne Repräsentation/Homunkulus) (Huber, 2016; Knuchel & Schädler, 2004; Proske & Gandevia, 2012). Bestimmte Regionen des Kleinhirns empfangen umfangreiche Informationen über schnell leitende Nervenbahnen, die mit der Propriozeption und der Oberflächensensibilität in Verbindung stehen. Essenzielle Eigenschaft des Kleinhirns ist es, Strategien zur Kontrolle des Körperschwerpunkts rasch zu adaptieren (Huber, 2016). Es bestehen zahlreiche direkte neurophysiologische Verbindungen zwischen den drei Subsystemen und der Halswirbelsäule sowie dem Haltungskontrollsystem. Somatosensorische Informationen aus der zervikalen Region haben durch die Neurophysiologie eine direkte Verbindung zum vestibulären und visuellen System und

sind gemeinsam entscheidend für die Haltungsstabilität (Alexander, 1994; Kristjansson & Treleaven, 2009). Das Netzwerk aller Rezeptoren in dieser Region steuert den Grad der Muskelsteifigkeit und Bewegung im Gelenk und gibt dem ZNS Informationen über die Kopfausrichtung in Bezug auf den Rest des Körpers weiter. (Kristjansson & Treleaven, 2009).

Überdies gibt es in der Fachliteratur klare Anhaltspunkte, die die zugrunde liegenden Mechanismen der Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle darstellen und identifizieren. Horak (2006) definierte diesbezüglich sechs Hauptkomponenten, die von Sibley et. al. (2015) verfeinert und erweitert wurden. Sie legten neun wesentliche Mechanismen der posturalen Kontrolle fest:

- funktionelle Begrenzungen der Stabilität: Kontrolle des COM in anteroposteriorer und mediolateraler Richtung
- zugrunde liegende motorische Systeme: Beweglichkeit, Kraft, Koordination usw.
- statische Stabilität: breiter Stand, schmaler Stand, Einbein-Stand oder Tandem-Stand
- Vertikalität: Fähigkeit, sich angemessen in Relation zur Schwerkraft auszurichten
- reaktive posturale Kontrolle
- antizipative posturale Kontrolle
- Kontrolle dynamischer Bewegungen: Gehen
- sensorische Integration
- kognitive Einflüsse

Ermöglicht wird der Erhalt der posturalen Stabilität durch eine adäquate situationsspezifische muskuläre Ansteuerung (v. a. der Bein-, Rumpf-, Nackenmuskulatur) und gezielte Bewegungs- und Schutzstrategien (Sprunggelenks-, Hüft- und Schrittstrategie) (Bürge et al., 2013; Massion, 1992). Die muskuläre Kontrolle über das anterior-posteriore (A/P) Gleichgewicht obliegt den Hüftextensoren und -flexoren, den Sprunggelenksplantarflexoren und -dorsalflexoren (Winter, 1995). Die Sicherung der aufrechten Körperhaltung und der Rumpfstabilität fällt den Rückenstreckern, den abdominellen Muskeln (primär M. transversus abdominis) und dem Diaphragma in Kombination mit dem Beckenboden zu (Hodges et al., 1997; Kocjan et al., 2018; Winter, 1995). In der medial-lateralen (M/L) Richtung übernehmen die Hüftabduktoren die primäre Kontrollfunktion, während die Hüftadduktoren nur eine untergeordnete Rolle spielen (Winter, 1995). Ergänzend dazu werden bei Gleichgewichtsstörungen die Bewegungs- und Schutzstrategien eingesetzt. Die

Sprunggelenksstrategie wird typischerweise in Situationen herangezogen, in denen nur geringe Gleichgewichtsstörungen auftreten und/oder translatorische Kräfte einwirken und die Stützbasis stabil ist (Massion, 1992; Shumway-Cook & Woollacott, 2000). Im Gegensatz dazu reguliert und schützt die Hüftstrategie das Gleichgewicht durch eine Kombination von Hüftgelenksbewegungen und Sprunggelenksbewegungen und kommt vor allem zur Anwendung, wenn größere, schnellere und rotatorische Störungen auftreten oder wenn die Stützfläche flexibel oder kleiner als die Fußstützbasis bzw. Unterstützungsfläche ist (Fukuoka et al., 1999; Horak, 2006; Massion, 1992). Sollte weder die Knöchel- noch die Hüftstrategie mit den dazugehörigen Muskelgruppen ausreichen, um die posturale Stabilität zu sichern, erfolgt ein Schritt oder Sprung, um die Stützbasis wieder in Einklang mit dem Körperschwerpunkt zu bringen (Ivanenko & Gurfinkel, 2018; Massion, 1992; Shumway-Cook & Woollacott, 2000).

2.2.2 Testung des Gleichgewichts

Eine präzise Erfassung des Gleichgewichts ist sowohl für die klinisch-therapeutische als auch für die wissenschaftliche Dokumentation und Praxis essenziell. In der täglichen geriatrischen Arbeit werden daher standardisierte und modifizierte Funktionstests eingesetzt, die darauf abzielen, sowohl die statische als auch die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit zu evaluieren (Knuchel & Schädler, 2004).

In der Literatur finden sich reliable und valide Assessments, die zur Testung des Gleichgewichts herangezogen werden können. In der Forschung und im Labor werden dafür oft computer- und softwaregestützte Assessments benutzt. So werden unter anderem Stabilometer mit der dazugehörigen Software (Buscemi et al., 2017), der ‚Smart Balance Master‘ (computergestützte dynamische Posturographie) (Fraix, 2012) oder eine Kraftmessplatte (Jones et al., 2004) eingesetzt. Für die Evaluierung in der klinischen Praxis und im geriatrischen Setting kommen anderen Assessments größere Bedeutung zu, da sie praktikabler und kostengünstiger sind (Jansenberger, 2011; Schädler, 2007). Evidenzbasierte Testbatterien zur Bewertung der posturalen Kontrolle umfassen die Berg Balance Scale, den Tinetti-Test, das Performance Oriented Mobility Assessment, den Dynamic Gait Index sowie auch die Short Physical Performance Battery (Jansenberger, 2011). Außerhalb dieser Testbatterien gibt es beispielsweise den modifizierten Static Balance Test (SBT), den Functional Reach Test (FRT), den Alternate Step Test (AST), den Five Chair Raise sowie den maximalen Schrittlängentest (Balzer et al., 2012; Jansenberger & Wetzelhütter, 2016). Zur Evaluierung des Ganges

und der Mobilität wird häufig der 10-Meter-Gehtest herangezogen (Granacher et al., 2013).

2.3 Stürze und Sturzrisikofaktoren

Ein Sturz ist eine plötzliche, unbeabsichtigte Positionsveränderung, die dazu führt, dass eine Person auf einer tieferen Ebene (auf einem Gegenstand, dem Fußboden oder der Erde) landet (Huang et al., 2003). Stürze treten auf, wenn die posturale Stabilität des Körpers nicht mehr aufrechterhalten werden kann und der Gleichgewichtsverlust nicht zeitgerecht und angemessen kompensiert wird (Gulich, 2004).

Ungefähr 50 Prozent der Sturzereignisse bei geriatrischen Patient_innen, die selbstständig leben, finden im eigenen Wohnumfeld statt. Die häufigsten Aktivitäten, die mit Stürzen assoziiert sind, umfassen das Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL). Es wurde festgestellt, dass Stürze vermehrt in den Morgen- und Nachmittagsstunden auftreten (Balzer et al., 2012). Ursachen für ein Sturzgeschehen können dabei sowohl umweltbezogene (extrinsische) Störfaktoren als auch personenbezogene (intrinsische) Balancedefizite des Menschen selbst sein (Balzer et al., 2012; Rubenstein, 2006). Somit wird ein Sturz meist durch die Interaktion verschiedener Beeinträchtigungen des körperlichen Allgemeinzustandes (Haltung, Bewegung usw.) in Zusammenhang mit äußeren Einflüssen ausgelöst (Gulich, 2004; Lacroix et al., 2014).

In der Literatur werden viele Einfluss- und Risikofaktoren beschrieben (Balzer et al., 2012; Rubenstein, 2006). Diese Vielzahl an möglichen Risikofaktoren spiegeln klar die Mehrdimensionalität von Stürzen wider (Huang et al., 2003). Die für die vorliegende Studie wichtigen Faktoren werden in folgender Abbildung angeführt.

Intrinsische Risikofaktoren	Extrinsische Risikofaktoren
Alter	Kleidung und Schuhwerk
Sturzvorgeschichte und Sturzangst	falsch angewendete Hilfsmittel
Balancefähigkeit	Bodenbeschaffenheit
Reduzierte Muskelaktivität und Bewegungsfähigkeiten inkl. Gangstörungen	Treppen
kognitive Funktion	Aufgabenstellung

Abbildung 2: Zusammenfassung intrinsischer und extrinsischer Sturzrisikofaktoren (Balzer et al., 2012).

2.4 Altersbedingte Veränderungen im Gleichgewicht und Sturzrisiko

Es ist von grundlegender Bedeutung, die altersentsprechenden Veränderungen in den gleichgewichtsbeeinflussenden Systemen zu analysieren und zu verstehen, um die Anzahl an Sturzereignissen zu reduzieren (Patla, 1990). In Abschnitt 2.1 wurden die

allgemeinen Charakteristika und Beeinträchtigungen von geriatrischen Patient_innen angeführt. Das vorliegende Unterkapitel widmet sich nun den gleichgewichtsspezifischen und für die vorliegende Studie relevanten Aspekten.

2.4.1 Veränderung neurologischer Funktionen

Es kommt zu Beeinträchtigungen im zentralen und peripheren Nervensystem. Altersbedingte neuronale Dysfunktionen umfassen eine Vielzahl von Veränderungen, darunter cerebrale Atrophie, Neurotransmitterstörungen, Störungen und Verlangsamung der Signalübertragung/Demyelinisierung sensorischer Neuronen (in Hirnnerven und peripheren Nerven) und Reflexabschwächung (Dziechciaż & Filip, 2014). Ebenso passieren degenerative Prozesse wie kollagene Einlagerungen in mechanorezeptoren-umgebendem Bindegewebe oder eine verringerte Muskelspindel- sowie Gelenksrezeptorenaktivität (Alexander, 1994; Granacher, Gollhofer, et al., 2011). Gemeinsam mit dem altersbedingten, sensorischen Neuronenverlust kommt es zu verminderten afferenten Inputs an das zentrale Nervensystem und somit zur Verringerung der Somatosensorik/Propriozeption (Dziechciaż & Filip, 2014; Granacher et al., 2011). Als essenziell ist auch die numerische Reduktion von Inter- sowie Gamma- und Alpha-Motoneuronen zu nennen (Granacher et al., 2011).

2.4.2 Muskuloskelettale Veränderungen

Der Alterungsprozess führt zu Sarkopenie (Abbau der Muskelmasse auf bis zu 15 % der Körpermasse und Muskelkraftreduktion) und zu einer verringerten Muskelflexibilität aller Muskelgruppen inkl. der Schultergürtel-, Atem- und Beckengürtelmuskulatur (Bordoni et al., 2020; Höhnle, 2024; Lechleitner, 2022; Matsumura & Ambrose, 2006). Zusätzlich kommt es bei geriatrischen PatientInnen zu unkoordinierten Muskelaktivierungsmustern und zu abweichenden Muskelreaktionen bzw. unangemessenen Co-Kontraktionen von agonistischer und antagonistischer Muskulatur (Matsumura & Ambrose, 2006; Osoba et al., 2019). Im Alter trägt auch die Verzögerung der proaktiven/antizipatorischen Haltungsverstärkung, die durch die Rumpf-, Becken- und Beinmuskulaturaktivität vermittelt wird, signifikant zu Balancebeeinträchtigungen bei (Alexander, 1994). Die Veränderungen der Faszien und des Bindegewebes durch Elastizitätsverlust und Veränderung der Kontraktilität führen zu allgemeiner Steifheit der Weichteile und haben weitreichende Auswirkungen auf den Kreislauf, die Gefäße und den Lymphabfluss (Höhnle, 2024). Weniger Bedeutung für den Erhalt des Gleichgewichts dürfte die

altersbedingte Abnahme der aktiven und passiven Gelenkbeweglichkeit der unteren Extremität haben (Alexander, 1994). Die typischen Veränderungen an der Wirbelsäule, wie Hyperkyphose, Skoliose, Osteophyten und/oder Bandscheibendegenerationen, führen zu einer eventuellen Verschiebung des Center of Pressure (COP) (Höhnle, 2024; Matsumura & Ambrose, 2006). Durch die veränderte Wirbelsäulenhaltung und schwächere Muskulatur muss das Zwerchfell eine zentrale Rolle in der Lendenwirbelsäulenstabilisierung übernehmen (Bordoni et al., 2020).

2.4.3 Veränderung der Sinnesorgane

Altersbedingte Beeinträchtigungen des visuellen Systems entstehen durch Elastizitätsverlust der Linse, verminderte Akkommodationskraft sowie Sehschärfe und Degeneration der visuellen Nervenbahnen (Dziechciaż & Filip, 2014).

Im vestibulären System kommt es zu einer Sensibilitäts- und Sensitivitätsabnahme des gesamten Vestibularapparats. Ebenfalls ist eine Abschwächung des vestibulo-okulomotorischen Reflexes festzustellen, welcher die Fähigkeit zur Gleichgewichtserhaltung im Alltag zusätzlich einschränkt (Matsumura & Ambrose, 2006).

2.4.4 Respiratorische Funktionseinschränkung

Mit zunehmendem Alter nimmt der Durchmesser der Luftröhre und der Bronchien ab und es gibt strukturelle Brustkorbveränderungen (z. B. Hyperkyphose, Steifigkeit), was zu einer Verringerung der Vitalkapazität, der maximalen Atemkapazität und des Gasaustausches führt (Dziechciaż & Filip, 2014; Höhnle, 2024). Dies verursacht eine erhöhte Atemaktivität und beeinträchtigt die Funktion des Diaphragmas (Bordoni et al., 2020; Höhnle, 2024). Es wird flacher und weniger elastisch, was die Steifheit erhöht, die Verkürzungsgeschwindigkeit verringert und zu intrathorakalen und intraabdominalen Druckveränderungen führt (Bordoni et al., 2020). Durch die Abnahme an Lungenelastizität sowie die Anzahlminderung der Bronchiolen und Alveolen nimmt der physiologische Totraum zu. Dies führt zu Atemmuskelschwäche bzw. zu einer primären Diaphragmaatrophie mit sekundärer Pseudohypertrophie (Bordoni et al., 2020; Dziechciaż & Filip, 2014). Eine verringerte Atemfunktion ist ein Parameter zur Beurteilung des Vorhandenseins von Sarkopenie bei gesunden älteren Menschen und ein Indikator für Balanceschwierigkeiten (Bordoni et al., 2020).

2.5 Querdiaphragmen und ihre osteopathischen Korrespondenzen

Diaphragmen werden als horizontale/querverlaufende Strukturen bezeichnet, die in einem sonst dreidimensionalen, netzwerkartig organisierten faszialen System integriert sind (Huss & Wentzel, 2015; Myers, 2015). Das Faszien-system allgemein verbindet sämtliche Körperregionen miteinander und ermöglicht die Verteilung von Spannungsmustern von Kopf bis Fuß bzw. das Übertragen von Muskelkräften für die korrekte motorische Koordination (Bordoni & Zanier, 2014; Myers, 2015; Paoletti, 2011). Gleichzeitig können jedoch unphysiologische Spannungen in einen anderen Bereich übertragen werden (Myers, 2015). Im Kontext der Diaphragmen ist vor allem die von Myers (2015) definierte, tiefe Frontallinie zu nennen, welche das Diaphragma abdominale, Diaphragma pelvis und Diaphragma urogenitale beinhaltet. Aus faszialer Sicht fungieren die Diaphragmen als ‚Pufferzonen‘, die dazu beitragen, dass sich lokale Spannungen nicht auf die gesamte Faszienkette auswirken (Corts, 2019). Im Gegenzug können Dysfunktionen der Diaphragmen weitreichende Auswirkungen auf das gesamte Faszien-system haben (Pope, 2003). Im osteopathischen Sinn wird von funktionellen Diaphragmen gesprochen, welche als Aufhängung der auf- und absteigenden Ketten, als Kreuzungspunkte, als Stabilisatoren und/oder zur Umlenkung dienen (Corts, 2019). Durch ihre vielfältigen Aufgaben – Trennen und Verbinden von den Längsstrukturen des menschlichen Körpers, Rumpfstabilisation bzw. tonische Haltungsaktivität (Core-Link), Einfluss auf die Organpositionierung, Verantwortung über Druckverhältnisse (thorakaler und intraabdomineller Druck), propriozeptiver Input und Ermöglichen der venolymphatischen Pumpe – haben sie Einfluss und Wechselwirkung auf essenzielle Körperfunktionen (Bordoni & Zanier, 2013; Corts, 2019; Hodges et al., 2007a; Pope, 2003).

OsteopathInnen vertreten unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der Anzahl der Diaphragmen im menschlichen Körper. In der vorliegenden Studie wird die Einteilung der Diaphragmen nach John Gordon Zink herangezogen. Zink spricht von vier anatomischen (Übergangs-)Zonen, in denen sich die meisten Restriktionen und somatischen Dysfunktionen finden lassen. Diese können fasziale Bewegungen sowie respiratorisch-zirkulatorische Mechanismen stören, muskuläre Dysbalancen verursachen und/oder zu strukturellen Veränderungen in umliegenden Körperbereichen führen. Diese Übergänge entsprechen den Übergängen der Wirbelsäule und sind assoziiert mit anatomischen oder funktionellen Diaphragmen (Bordoni & Zanier, 2013; Corts, 2019; Pope, 2003).

Tabelle 1: Querdiaphragmen und anatomische Übergangszonen (Pope, 2003)

Zone	Übergang	Transversales Diaphragma
Occiput-Atlas (OA)	Cranio-cervikaler Übergang (C0-C1)	Tentorium Cerebelli
Cervico-Thorakal (CT)	Cervico-thorakaler Übergang (CTÜ)	Thoracic Inlet/Outlet
Thorako-Lumbal (TL)	Thorako-lumbaler Übergang (TLÜ)	Diaphragma abdominalis
Lumbo-Sakral (LS)	Lumbo-sakraler Übergang (LSÜ)	Diaphragma pelvis und urogenitale

2.5.1 Cranio-cervikaler Übergang – erstes transversales Diaphragma

Der suboccipitale Bereich mit den Kopfgelenken und der kurzen Nackenmuskulatur ist umfangreich propriozeptiv versorgt und steht in enger Verbindung mit der Dura mater (v. a. über M. rectus capitis posterior minor), der Formatio Reticularis, dem 4. Ventrikel, dem Cerebellum, den Hirnnerven IX (N. glossopharyngeus), X (N. vagus), XI (N. accessorius) und XII (N. hypoglossus) sowie den Kernen des N. trigeminus (funktionale Vernetzung mit C1-3), dem Vestibularapparat und der Augenmuskulatur (Corts, 2019; Myers, 2015). Der erste Diaphragmakomplex ist funktionell für eine schnelle Verschaltung zum Gleichgewichtssinn und zu den Augenmuskelkernen wichtig, weil Posturologie, Reaktionsfähigkeit und Raumorientierung essenziell notwendig sind (Corts, 2019). Demnach können muskuläre Tonusänderungen und Dysfunktionen der oberen Kopfgelenke (Occiput-Atlas und Atlas-Axis (OAA)) negative Auswirkungen auf die Körperhaltung, im Speziellen auf die Kopfhaltung, haben und zu einer veränderten internen und externen Körperwahrnehmung, einem Hypertonus der Haltungsmuskeln, zu Bewegungsdefiziten und Gleichgewichtsproblemen führen (Corts, 2019; Kaur & Chhabra, 2024; Pope, 2003). Folglich können die Stell- und Haltere reflexe unzureichend agieren und auch das vestibuläre und visuelle System beeinträchtigt sein (Corts, 2019). Das Os Occipitale selbst hat diverse muskuläre und intra-/extrakraniale membranöse Ansätze, die den gesamten Körper, v. a. den Kopf-, Hals, Schultergürtel-, Arm- und Thoraxbereich, beeinflussen (Corts, 2019). Insbesondere das Tentorium cerebelli als zugeordnetes Querdiaphragma ist bedeutend. Dieses ist ein halbmondförmiges, transversal verlaufendes Septum in der hinteren Schädelgrube, welches als ‚Kleinhirnzelt‘ das Cerebellum bedeckt und die Occipitallappen stützt (Bordoni, 2020). Das Kleinhirn spielt eine zentrale Rolle in der Haltungskontrolle, da es Gliedmaßen- und Rumpfbewegungen moduliert und Muskelkräfte für spezifische Aufgaben koordiniert

(Osoba et al., 2019). Das Tentorium hat durch seine Anheftungen Verbindungen zum N. Abducens (VI), zum N. Opticus (II)/Chiasma opticum und zum Os Temporale inklusive dessen Beziehung zum N. Vestibulocochlearis (VIII), welcher im Bereich der Pars petrosa verläuft (Bordoni, 2020; Liem, 2018; Matsumura & Ambrose, 2006). Diese Zusammenhänge und ihre Innervationsgebiete sind hierbei in Bezug auf die posturale Stabilität interessant. Auch das Tentorium cerebelli selbst hat eine myofasziale Beziehung zu den kurzen Nackenmuskeln. Gemeinsam bilden sie eine myodurale Brücke, welche zum einen über das Lig. nuchae und die intraspinalen Bänder in das endothorakale und thorakolumbale System einstrahlt und über muskuloskelettale Pfade den Körper weitreichend beeinflussen kann. Zum anderen erklärt diese Verbindung auch eine biomechanische und kraniosakrale Adaption bis zum Sacrum bei Dysfunktionen im Bereich der Kopfgelenke und des Tentoriums (Bordoni & Pellegrini, 2023; Corts, 2019; Huss & Wentzel, 2015). Vaskulär sind für diesen Abschnitt unter anderem die A. vertebralis, die V. jugularis und die venösen Sinuse zu nennen (Liem, 2018).

2.5.2 Cervico-thorakaler Übergang – zweites transversales Diaphragma

Der cervico-thorakale Übergang ist ein weiterer Bereich, in dem sich horizontale muskuläre, bindegewebige und knöcherne Strukturen befinden (Liem, 2018). Die Gestalt dieser Zone ähnelt einem auf dem Kopf stehenden Trichter und hier trifft der beweglichste Abschnitt der Wirbelsäule auf die relativ unbeweglichen Segmente der Brustwirbelsäule (Corts, 2019; Pope, 2003). Gekennzeichnet ist die Region durch ihre Komplexität von anatomischen Strukturen (Muskeln, Faszien, Gefäßen), Strukturen des zentralen und peripheren Nervensystems, den Halsorganen und unzähligen (patho-)physiologischen Abläufen (Corts, 2019). Die wichtigsten beteiligten Strukturen sind Halswirbel 6 (C6) bis Brustwirbel 2 (TH2), die 1. und 2. Rippen, das Sternum und die Clavicula. Nerval sind N. vagus, N. phrenicus, Truncus sympathicus und das Ganglion Stellatum sowie N. laryngeus recurrens zu nennen. Faszial wird der cervico-thorakale Übergang von der oberflächlichen und tiefen faszialen Frontallinie und der oberflächlichen faszialen Rückenlinie mit deren Muskelzügen bestimmt (Platysma, Muskulatur der Lamina superficialis, prätrachealis und prävertebralis, Faszia endothoracica mit den Lig. suspensorium diaphragmale pleurale usw.), welche am Lig. nuchae miteinander verschmelzen. Vaskulär sollen an dieser Stelle vor allem die A. carotis, A. subclavia, der Truncus brachiocephalica, die V. jugularis, V. subclavia und V.

brachiocephalica Erwähnung finden (Corts, 2019; Liem, 2018; Myers, 2015). Weiters sind auch longitudinale Faszien-schichten und die Schädelknochen durch diese Engpassregion beeinflusst und können bei Dysfunktionen weiter entfernte Strukturen (Cranium, obere Extremität, Rumpf, Becken und untere Extremität) beeinträchtigen (Corts, 2019; Liem, 2018). Der zweite Diaphragmakomplex ist funktionell wichtig für die Atmung, den thorakalen Druck sowie folglich für die Flüssigkeitsbewegung und -zirkulation (Corts, 2019).

2.5.3 Thorako-lumbaler Übergang – drittes transversales Diaphragma

Der thorako-lumbale Übergang stellt einen besonders kritischen und bedeutenden Bereich in Bezug auf die Stabilität und Funktionalität des menschlichen Körpers dar (Myers, 2015). Dieser Körperabschnitt beinhaltet die bekannteste Querstruktur – das Diaphragma abdominalis, auch Zwerchfell genannt. Das Zwerchfell ist eine kuppelförmige muskulös-sehnige Struktur, die sich über den Processus xiphoideus, die 7.–12. Rippen und die 1.–3. Lendenwirbeln ausdehnt und als Trennwand zwischen Brust- und Bauchraum bzw. Thoraxorganen und Bauchorganen agiert (Corts, 2019). Diese wichtige Querstruktur wird von einer Vielzahl an Gefäßen, Nerven und Muskeln und deren Öffnungen und Aussparungen durchtrennt. Die wichtigsten Durchtritte sind die Vena cava inf. mit dem N. phrenicus (TH9), der Ösophagus mit den Nn. Vagi (TH10) und die Aorta descendens mit dem Ductus thoracicus (TH12) (Liem, 2018). Weiters bildet es zwei Arkaden, die Psoasarkade mit dem Lig. arcuatum med. für den M. psoas und die Vv. lumbales asc. und die Quadratusarkade mit dem Lig. arcuatum lat. für den M. quadratus lumborum (Bordoni, 2020; Corts, 2019). Zwischen den Crus mediale und intermedium liegen die Nn. Splanchnici minor und inferior sowie der sympathische Grenzstrang und das Azygossystem (Bordoni, 2020; Corts, 2019; Liem, 2018). Durch seine Lage bestehen vielfältige Verbindungen in den ganzen Körper. Bereits A. T. Still und J. G. Zink wiesen auf die Wichtigkeit der physiologischen Funktionsfähigkeit des thorako-lumbalen Übergangs mit dem Diaphragma abdominale hin und erwähnten den Zusammenhang zwischen Krankheitsursache und abnormen Zwerchfellspannungen bzw. dessen Anheftungen (Liem, 2018; Pope, 2003). Insgesamt ist der thorako-lumbale Übergang durch seine Einflussnahme auf Atmung, Statik, hämodynamische Zirkulation, Verdauung, Lymphfluss und Lautbildung charakterisiert (Liem, 2018). Besonders die uneingeschränkte Gleitfähigkeit aller Strukturen (Rumpf- und Wirbelsäulenmuskulatur, Organe) um das Diaphragma abdominale und die alternierend wechselnden

intraabdominalen bzw. intrathorakalen Drücke sind wesentliche Voraussetzungen für eine physiologische Atmung und eine adäquate Haltungsstabilität und Stützfunktion. Diaphragmaspannung und -bewegung, Atmung, intraabdominale bzw. intrathorakale Drücke und die veno-lymphatische Pumpfunktion beeinflussen sich immer gegenseitig (Corts, 2019). Hervorzuheben ist auch die fasziale Korrespondenz mit weiteren longitudinal verlaufenden Strukturen, wie der Zentralsehne, der Bogensehne und der tiefen Frontallinie (Corts, 2019; Myers, 2015). Diese Funktionszusammenhänge bzw. myofaszialen Wirkungsketten machen es möglich, dass sich Dysfunktionen am Zwerchfell bis ins Kraniaum, das Os temporale oder die Synchondrosis sphenobasilaris übertragen (Corts, 2019). Auch nach caudal zum Becken und den Beckenorganen (über die Bogensehne, die thorako-lumbale Faszie, den M. transversus abdominis und den Beckenboden) können sich unphysiologische Muster übertragen, welche wiederum die Funktionsfähigkeit der unteren Extremität negativ beeinflussen können (Corts, 2019; Myers, 2015).

2.5.4 Lumbo-sacraler Übergang – viertes transversales Diaphragma

Der lumbo-sacrale Übergang bildet die Basis der Wirbelsäule und verbindet den Rumpf mit dem Abdomen, dem Becken und der unteren Extremität auf komplexe Weise miteinander (Corts, 2019; Pope, 2003). Dieses vierte Diaphragma, auch als Beckenboden bekannt, besteht im Grunde aus zwei sich ergänzenden Diaphragmen – dem Diaphragma pelvis und dem Diaphragma urogenitalis – und dient als caudaler Abschluss des Bauchraumes (Corts, 2019). Muskulär besteht der Beckenboden aus dem M. levator ani (aus M. iliococcygeus, M. pubococcygeus und M. puborectalis) und dem M. ischiococcygeus (Bordoni, 2020). Durch diese myofasziale Struktur treten der Anus, die Urethra und die Vagina sowie diverse Lymphbahnen, die N. splanchnici und der N. pudendus (Pope, 2003). Dieser Bereich gehört zur tiefen faszialen Frontallinie und steht in enger Verbindung mit zahlreichen anderen Muskeln (u. a. M. obturatorius, Mm. glutei), Faszien und Nerven, die eine weitreichende Verbindung zwischen Ilium, Hüftgelenk, Sacrum, Coccygis, Wirbelsäule und Kopf herstellen (Corts, 2019). Wesentliche Aufgabe für den Beckenboden ist neben dem Positionserhalt der Beckenorgane und dem funktionellen Verschluss des Urogenitaltraktes auch die druckausgleichende, dynamische Funktion während der Atmung (Corts, 2019; Liem, 2018). Dabei synchronisieren sich das Diaphragma pelvis und das Diaphragma urogenitalis mit dem Diaphragma abdominale und gewährleisten damit zusätzlich einen

optimalen lymphatischen und venösen Rückfluss (Pope, 2003). Aus struktureller Perspektive kommt dem Beckenboden und seinem Spannungszustand eine bedeutende Rolle bei der Stabilisation und Ausbalancierung des Beckens zu, wodurch sein wichtiger Einfluss auf die Posturalität verdeutlicht wird (Corts, 2019). Eine inadäquate Spannung des vierten Diaphragmas kann sowohl die Position und Mechanik des Iliosacralgelenks (ISG) beeinträchtigen als auch die Kraftübertragung von den und auf die Beine stören und damit die Aufrechterhaltung des Ganges negativ beeinflussen (Corts, 2019; Liem, 2018). Ein veränderter ISG-Kraftschluss und damit veränderte Zugkräfte auf die Fascia thorakolumbalis, die Ligg. Iliolumbale, Ligg. Iliosacrals, das Lig. sacrotuberale und Lig. sacrospinale führen zu einer gestörten Lastübertragung, einer veränderten Beckenposition und einem unangemessenen Tonus der Wirbelsäulen- und Beckenmuskulatur (Corts, 2019). In diesem Kontext spielt die Fascia thorakolumbalis eine entscheidende Rolle, da sie den lumbo-sakralen Übergang stabilisiert und eine effektive Kraftübertragung des M. latissimus dorsi, des M. gluteus maximus und des M. biceps femoris ermöglicht (Corts, 2019; Myers, 2015). Auch die Beckenboden-Anheftung am M. obturatorius und seiner Faszie zeigt den direkten Einfluss auf das Hüftgelenk und dessen Bewegungsfreiheit (Corts, 2019). Neben den mechanischen Dysfunktionen von Sacrum und der unteren Extremität, welche von diesem Bereich ausgehen können, können auch das kraniosakrale System und die vegetativen Plexi in ihrer Funktionalität gestört werden (Corts, 2019; Liem, 2018).

2.6 Querdiaphragmen und posturale Kontrolle

In der Arbeit von Pope (2003) wird dargelegt, dass das respiratorisch-zirkulatorische Fasziennmodell von Zink und das Haltungsmodell dieselben Definitionen und Attribute für die menschliche Haltung benennen und sich deshalb ergänzen und zusammenführen lassen.

Wie bereits beschrieben, haben die Querdiaphragmen einen wichtigen Einfluss auf die gesamte Körperhaltung und weisen unzählige (osteopathische) Korrespondenzen zu Systemen auf, die zur Sicherung der posturalen Stabilität und Kontrolle notwendig sind. (Bordoni & Zanier, 2013; Corts, 2019).

Kaur und Chhabra (2024) konnten in ihrer Studie den positiven Effekt einer suboccipitalen Muskelbehandlung auf das Gleichgewicht bei Patient_innen mit chronischen Nackenschmerzen darstellen. Die Ergebnisse zeigen, dass die

Muskelinhibitionstechnik an der kurzen Nackenmuskulatur sowohl die Nackenschmerzen auf der Visual-Analog-Scale als auch die Balance in verschiedenen Standpositionen signifikant verbessert (Kaur & Chhabra, 2024).

Hodges und Gandevia (2000) untersuchten das Zwerchfell im Hinblick auf dessen Aktivität während wiederholter Bewegungen und stellten fest, dass das Diaphragma eine Doppelfunktion erfüllt. Die Zwerchfellaktivität wurde sowohl durch die Atmung als auch durch Armbewegungen beeinflusst. Selbst bei Armbewegungen ohne Atmung bleibt die posturale Aktivierung des Diaphragmas erhalten (Hodges & Gandevia, 2000). In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass das Zwerchfell nicht nur ein Atemmuskel ist, sondern auch entscheidend für die Rumpfstabilität. Es kontrahiert antizipatorisch/vorausschauend, um den intraabdominalen Druck zu erhöhen und den Körper auf (plötzliche) Bewegungen vorzubereiten (Hodges et al., 1997).

Stephens et al. (2017) erforschten diaphragmatische Atemübungen und deren Einfluss auf das statische und dynamische Gleichgewicht bei Erwachsenen. Die Forschungsergebnisse zeigen eine verbesserte diaphragmale Atemtechnik sowie eine bessere Balancefähigkeit und lassen daher den Rückschluss zu, dass bessere Diaphragmabewegungen mit einem stabileren Gleichgewicht einhergehen. (Stephens et al., 2017).

In der Studie von Hodges et al. (2007) wurde der Beckenboden auf seine posturale und respiratorische Funktion mittels schneller, wiederholter Armbewegungen und verschiedener Atemmuster analysiert. Bezüglich der posturalen Stabilisierung wurde, wie beim Diaphragma abdominale, eine vorbereitende Muskelaktivierung zur Rumpfstabilisierung festgestellt. Während der repetitiven Armbewegungen war der Beckenboden tonisch aktiviert und zeigte zusätzliche Kontraktionen synchron zu den Bewegungen. Ebenfalls reagierte er vor Veränderungen des intraabdominellen Drucks, wodurch seine stabilisierende Rolle bestätigt wurde (Hodges et al., 2007).

Die Forschungsarbeit von Miyachi et al. (2023) analysierte den Einfluss der Beckenbodenmuskulatur auf die Kinematik der Lendenwirbelsäule und Hüfte. An erwachsenen Frauen wurde die Hüftextension unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Die Kontraktion der Beckenbodenmuskulatur führte zu einer reduzierten Hüftbewegung, hatte jedoch keinen signifikanten Effekt auf die Lendenwirbelsäule (Miyachi et al., 2022). Dies lässt einen möglichen Zusammenhang zwischen einer erhöhten Beckenbodenspannung und einer ineffizienten Hüftstrategie zur Gleichgewichtserhaltung vermuten.

Im osteopathischen Forschungsbereich wurden bereits einige wissenschaftliche Arbeiten über Techniken zur Sicherung und Unterstützung der posturalen Kontrolle veröffentlicht.

Veloso et al. (2016) analysierten in ihrer Übersichtsarbeit die Wirksamkeit manuell-osteopathischer Behandlungen zur Verbesserung des Haltungsgleichgewichts. Es wurden sechs relevante Studien identifiziert, die von ihnen in einer Tabelle nach Intervention und Ergebnissen kategorisiert wurden (siehe Tab 2). Dabei wurden jedoch keine Studien gefunden, die sich ausschließlich mit der Behandlung der Querdiaphragmen befassen. Insgesamt besteht ein Mangel an prospektiven und randomisierten klinischen Studien zu diesem Thema im osteopathischen Bereich (Veloso et al., 2016).

Tabelle 2: Ergebnisse der gefundenen Artikel von Veloso et al (2016)

Jahr	Autor	Intervention	Ergebnis
2015	Pellerin et al.	Einzelfallstudie – 77-jährige Patientin; 3 Einheiten bei denen Haltung & GGW mit Kraftmessplatte bewertet wurde. Behandlung von Hüftgelenk, Iliosakralgelenk, Steißbein, rechtes und linkes Sprunggelenk, rechter M. iliopsoas, Zwerchfell und M. piriformis	Verringerung der Schmerzen (VAS), Reduktion von Länge und Geschwindigkeit der Oszillationsverschiebung auf der Kraftmessplatte durch osteopathische Techniken
2013	Carvalho et al.	Teilnehmer_innen: junge Frauen mit Sprunggelenksdysfunktion; 1 Einheit Talusmanipulation. Evaluiert mittels Baropedometrie und Stabilometrie	Die Osteopathiegruppe zeigte eine größere Oszillation (X- und Y-Achse) zu allen Zeitpunkten im Vergleich zu Kontrollgruppe und ein verbessertes statisches antero-posteriores Gleichgewicht bei geöffneten Augen.
2013	Fraix et al.	16 Proband_innen zwischen 17 und 75 Jahren mit chron. Schwindel; 4 Osteopath_innen wandten Band- und Muskelenergietechniken, Manipulationen, Counterstrain, myofasziale Techniken und cranio-sacrale Techniken an. Überprüft mittels Kraftmessplatte und Dizziness Handicap Inventory	Das Gleichgewicht verbesserte sich sofort und eine Wochen nach der osteopathischen Behandlung signifikant ($p < 0,001$). Signifikante Schwindelverbesserung ($p < 0,001$)
2011	Lopez et al.	40 Personen > 65 Jahren; 7 osteopathische Techniken (inkl. cranio-sacrale Techniken, myofasziale Techniken, Muskelenergietechniken von Kopf, Wirbelsäule und Sacrum) über 4 Wochen. Testung mittels Kraftmessplatte mit offenen/geschlossenen Augen und durch modifiziertem Rhomberg-Test.	Die Gruppe mit der osteopathischen Behandlung verbesserte das Gleichgewicht mit offenen Augen signifikant nach 4 Einheiten ($p = 0,001$).
2010	Fraix	16 Patient_innen zwischen 27 und 89 Jahren mit Schwindel; 3 osteopathische Techniken für somatische Dysfunktionen im Körper	Nach der Behandlung wurde eine signifikante Verbesserung der Gesamt- und Subskalen-DHI-Werte beobachtet ($p < 0,001$).

		(Muskelenergie-Techniken, Counterstrain, myofasziale Techniken,...), Überprüfung mittels Dizziness Handicap Inventory	
2009	Sendin et al.	62 Personen zwischen 18 und 32 Jahren; 1 Einheit zur talokruralen Manipulation wurde durchgeführt. Testung mittels Baropodometrie und Stabilometrie vor und 5 Minuten nach der Intervention	Die Ergebnis-Mittelwerte der X- und Y-Achse zeigen in Bezug auf anteriore und posteriore oder laterale Bewegungen und Geschwindigkeiten keine sig. Unterschiede

2019 konnte Arztmann in ihrer Arbeit über die Behandlung der Diaphragmen bei Rückenschmerzpatient_innen einen Einfluss auf die Bewegung des COP darstellen (Arztmann, 2019).

Eine weitere Studie evaluierte den unmittelbaren Effekt von osteopathischen Interventionen der Querdiaphragmen auf die posturale Stabilität bei 40 jungen, gesunden Gymnast_innen. Die dort angewandten Techniken führten zu keiner sofortigen signifikanten Balanceverbesserung (Peleman, 2019). Die Aussagekraft der Studie ist jedoch durch die fehlende Follow-up-Messung bzw. durch den geringen Zeitabstand zwischen Behandlung und Reevaluierung, welcher in der freien osteopathischen Praxis mindestens 24 oder 72 Stunden (mittelfristiger Retest) bis 4 Wochen (langfristiger Retest) betragen sollte, beschränkt.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurde die osteopathische Behandlung der Querdiaphragmen zur Verbesserung der posturalen Kontrolle und zur Reduktion von Sturzereignissen bei älteren Menschen noch nicht untersucht.

Neben den bereits bekannten wirksamen Behandlungsstrategien und Trainingsprogrammen, welche unter anderem bei Papalia et al. (2020) und Zhuang et al. (2014) in systematischen Reviews und Metaanalysen zusammengefasst wurden, ist Osteopathie ein vielversprechender Ansatz, um an den biomechanischen und respiratorisch-zirkulatorischen Zusammenhängen der Querdiaphragmen zu arbeiten. Dadurch können lokale, somatische Dysfunktionen gelöst werden, um ein dynamisches Zusammenspiel von Struktur und Funktion des Körpers bei älteren Menschen wiederherzustellen und im Idealfall das Sturzrisiko und die sturzbedingten Verletzungen für geriatrische Patient_innen zu reduzieren (Fraix, 2012).

3 Forschungsdesign und -methode

3.1 Forschungsfrage

Welchen Einfluss haben drei Behandlungen an den Querdiaphragmen zusätzlich zu einem Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining bei Menschen über 65 Jahren auf deren posturale Stabilität und Balance-Sicherheit im Vergleich zu einem alleinig ausgeführten Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining?

3.2 Hypothesen

Nullhypothese:

Die osteopathische Behandlung der Querdiaphragmen zusätzlich zu einem Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining hat bei geriatrischen Patient_innen **keinen** signifikanten Effekt in Bezug auf die posturale Stabilität und Balance-Sicherheit im Vergleich zu einem alleinig ausgeführten Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining ($p > 0,05$).

Alternativhypothese:

Die osteopathische Behandlung der Querdiaphragmen zusätzlich zu einem Gleichgewichts- und Sturzpräventionstrainings hat bei geriatrischen Patient_innen **einen** signifikanten Effekt in Bezug auf die posturale Stabilität und Balance-Sicherheit im Vergleich zu einem alleinig ausgeführten Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining ($p < 0,05$).

3.3 Forschungsdesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine randomisierte kontrollierte Studie (RCT) mit einer Interventions-/Versuchsgruppe und einer Kontrollgruppe.

3.4 Stichprobenbeschreibung

Wie die Forschungsfrage bereits hervorhebt, werden in dieser klinischen Studie ‚gesunde‘, selbstständig oder im betreuten Wohnen lebende ältere Menschen mit einem Alter von über 65 Jahren untersucht.

3.4.1 Einschlusskriterien

Die Proband_innen dieser Studie sind 65 Jahre oder älter. Diese Altersgrenze wurde auf Grundlage der Definition geriatrische_r Patient_innen festgelegt, wie sie von

Lechleitner (2022) beschrieben wird. Die Einhaltung dieses Kriteriums wurde durch die verpflichtende Angabe des Geburtsdatums überprüft.

Zur Evaluierung der posturalen Stabilität und der Balance(un-)sicherheit, welche als Zielparameter in der vorliegenden Studie dient, wurden die TeilnehmerInnen bezüglich ihrer Sturzgeschichte befragt. Eingeschlossen wurden Personen, die innerhalb der vorangegangenen neun Monate einen oder mehrere Stürze erlitten haben. Grundlage dafür ist die Erkenntnis, dass Personen, die schon einmal gestürzt sind, ein signifikant höheres Risiko haben erneut zu stürzen (Cuevas-Trisan, 2019).

3.4.2 Ausschlusskriterien

Wie die zuvor verwendete Bezeichnung ‚gesunde‘ ältere Menschen impliziert, werden Personen mit Erkrankungen, die nicht mit Sarkopenie im Zusammenhang stehen, von der Studie ausgeschlossen.

Akute maligne Geschehen, vor allem in den zu behandelnden Regionen, wurden aufgrund ihrer allgemeinen Kontraindikation und zur Patient_innensicherheit ausgeschlossen (Kaufmann et al., 2007). Das Vorliegen neurologischer Erkrankungen wurde aufgrund des Einflusses auf die posturale Kontrolle als Ausschlusskriterium definiert. Ein systematisches Review von Ghai et al. (2017) zeigte, dass Doppelaufgaben einen negativen Effekt auf die posturale Stabilität bei PatientInnen mit Multipler Sklerose, Morbus Parkinson sowie degenerativen Kleinhirnerkrankungen haben. Ebenso wurden Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises als Ausschlusskriterium definiert, da die damit einhergehende eingeschränkte Beweglichkeit im Vergleich zur gesunden Population mit einer erhöhten Sturzprävalenz assoziiert ist (Alkady et al., 2021). Diese Erkrankungen sind durch Schübe charakterisiert, die bei Auftreten im Interventionszeitraum zu einer Veränderung/Verschlechterung der Zielvariable führen würden. Die Auswertung und Normwerte der Zielvariablen ändern sich mit Vorliegen dieser Erkrankungen (Lublin et al., 2022). Des Weiteren wurden Menschen mit neuropsychologischen Erkrankungen ausgeschlossen. Diese sind häufig durch zeitlich unterschiedlich starke Symptome gekennzeichnet, die bei Auftreten im Interventionszeitraum zu einer Veränderung/Verschlechterung der Zielvariable führen würden, ohne die Intervention dafür verantwortlich machen zu können (von Büdingen, 2025). Zusätzlich wurde die Diagnose einer instabilen Epilepsie aus der Studie ausgeschlossen. Auch hier würde das Auftreten eines Anfalls im Interventionszeitraum zu einer

Veränderung/Verschlechterung der Zielvariablen führen, ohne die Intervention dafür verantwortlich machen zu können (Fernández et al., 2019).

3.4.3 Stichprobengröße

Aufgrund der mangelnden Voruntersuchungen zur Behandlung der Querdiaphragmen und deren Einfluss auf die Balance war eine Fallzahlberechnung auf deren Basis nicht möglich. Zur Ermittlung der Stichprobengröße wurde daher eine Studie von Freiburger et al. (2013) zur Bewertung des Effektes einer 16-wöchigen Trainingsintervention auf das Sturzrisiko bzw. auf die physiologischen (Balance, Funktion und Kraft) und die psychologischen (Sturzangst) Parameter bei älteren Menschen herangezogen. Mittels des PC-Programms G*Power wurde eine A-Priori-Leistungsanalyse durchgeführt (Faul et al., 2007). Das Signifikanzniveau wurde bei 0,05 und die Teststärke bei 0,9 (β -Fehler 0.1) festgelegt. Aufgrund der Effektstärke von $d = 1,26$ aus der oben angeführten Studie ergab sich eine Stichprobengröße von 30 Personen. Diese wurden in der Randomisierung in zwei gleich große Gruppen zu jeweils 15 Personen eingeteilt.

3.4.4. Rekrutierung und Randomisierung

Die Rekrutierung der Studienteilnehmenden erfolgte im Rahmen eines Trainingsprogramms zur Gleichgewichts- und Sturzprävention, das in Gemeinden der Südoststeiermark öffentlich ausgeschrieben wurde. Vor Studienbeginn wurden die Proband_innen von der Studienleiterin sowohl mündlich als auch schriftlich über die Inhalte und Ziele der Studie informiert und um eine schriftliche Einwilligung gebeten. Nach Erhalt der Einwilligung erfolgte die Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien durch die Studienleiterin oder eine wissenschaftliche Mitarbeiterin. Die Daten wurden einer unabhängigen Person – in diesem Fall einem externen Physiotherapeuten – zur Verfügung gestellt. Dieser erstellte mittels der Software Research Randomizer (randomizer.org) eine Randomisierungsliste, in der die Teilnehmenden durch Identifikationsnummern entweder der Interventionsgruppe (IG) oder der Kontrollgruppe (KG) zugeordnet wurden. Die randomisierende Person dokumentierte die Gruppenzuweisung in einer Liste und übermittelte der Studienleiterin die Identifikationsnummern sowie die jeweilige Gruppenzugehörigkeit.

3.5 Abbruchkriterien

Als Abbruchkriterien wurden eine Verschlechterung oder starke Veränderung des gesundheitlichen Zustands des/der Teilnehmers_in im Sinne eines akuten Ereignisses wie zum Beispiel Insult, Herzinfarkt, Stürze mit traumatischen Folgen, Diagnosestellung einer Erkrankung der Ausschlusskriterien im Studienzeitraum definiert. Dieses akute Erkrankungerscheinen verhindert eine weitere Teilnahme an der Studie, da vor allem für die Betreuung in der Sturzpräventionsgruppe keine weitere Person zur Verfügung steht und akute Geschehen teilweise Red Flags für die osteopathischen Techniken sind.

3.6 Zielparameter

Zur Überprüfung der Null- und Alternativhypothese werden vier primäre Zielparameter herangezogen. Diese erfassen die verschiedenen Aspekte der posturalen Kontrolle und Balancesicherheit, insbesondere im Kontext geriatrischer Patient_innen. Im Rahmen der Studie wurden zudem sekundäre Parameter erhoben. Tabelle 3 dient zur Übersicht der genutzten Assessments und ihrer Gütekriterien.

Tabelle 3. Auflistung der genutzten Balance-Assessments

Primärer Zielparameter	Name	Einheit	Mess-/Erhebungsinstrument		
			Sensitivität & Spezifität	Validität (Quelle)	Reliabilität (Quelle)
<i>Statisches Gleichgewicht:</i> (metrisch – Verhältnisskala)	Modifizierter Static Balance Test (SBT) (Parallel-Stand, Semi-Tandem-Stand, Tandem-Stand) (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016)	Zeit (s), max. 60s, < 42 sec erhöhtes Sturzrisiko	Sensitivität: 65 %, Spezifität: 62,5 % (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016)	r = keine genaue Wertangabe, aber robuste Korrelation zu anderen Assessments (Rossiter-Fornoff et al., 1995)	ICC = 0,66 (Rossiter-Fornoff et al., 1995)
<i>Dynamisches Gleichgewicht:</i> (metrisch – Verhältnisskala)	Functional Reach Test (FRT) (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016)	Distanz (cm), < 18,5 cm Sturzrisiko erhöht	Sensitivität: 75 %, Spezifität: 67 % (Thomas & Lane, 2005)	r = 0.64–0.71 (Weiner et al., 1992)	ICC = 0.87–0.97 (Thomas & Lane, 2005)
<i>Dynamisches Gleichgewicht-laterale Stabilität:</i> (metrisch – Verhältnisskala)	Alternate Step Test (AST) (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016)	Zeit (s), > 10s erhöhtes Sturzrisiko	Sensitivität: 69 %, Spezifität: 56 % (Tiedemann et al., 2008)		ICC = > 0.7 (Tiedemann et al., 2008)
<i>Dynamisches Gleichgewicht und Kraft:</i> (metrisch – Verhältnisskala)	10 Meter-Gehtest (Granacher et al., 2013)	Distanz (m)/Zeit (s), Norm: 1 m/s, < 0,8 m/s Mobilitätseinschränkung	Sensitivität: 80 %, Spezifität: 89 % (Granacher et al., 2013)	r = 0.81 (Granacher et al., 2013)	ICC: 0.96–0.98 (Peters et al., 2013)
Sekundäre Parameter		Erhebungsinstrument			
<i>Alter</i> (metrisch – Verhältnisskala)		Jahre	Befragung der Teilnehmer_innen		
<i>Geschlecht</i> (Nominalskala)		Kategorien: w., m., d.,	Befragung der Teilnehmer_innen		
<i>Sturzangst</i> (Ordinalskala)		NRS 0–10	Befragung der Teilnehmer_innen		
<i>Sturzereignisse im letzten Jahr</i> (Ordinalskala)		Geschloss. kategorisches Antwortformat	Befragung der Teilnehmer_innen		

Der modifizierte Static Balance Test wird zur Bestimmung des statisch kontinuierlichen Gleichgewichts genutzt. Die Proband_innen stehen jeweils bis zu 10 Sekunden im engen Parallel-, Semitandem- und Tandemstand mit hängenden Armen. Jede Standposition wird zunächst mit offenen und anschließend mit geschlossenen Augen getestet. Falls eine Position mit offenen Augen nicht gehalten werden kann, entfällt die Prüfung mit geschlossenen Augen und der Test wird beendet. Die erreichten Sekunden werden summiert, wobei maximal 60 Sekunden erzielt werden können (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016). Der Cut-off-Wert liegt bei 42 Sekunden. Ein Wert darunter deutet auf ein erhöhtes Sturzrisiko hin. Im Semitandemstand mit geschlossenen Augen sollte die maximale Standzeit erreicht werden, während beim Tandemstand eine Mindeststanddauer von 2 Sekunden angestrebt wird (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016).

Für die Testung des statisch-proaktiven Gleichgewichts wird der Functional Reach Test angewendet (Jansenberger & Wetzelhütter, 2016). Die Teilnehmer_innen stehen dabei mit einer Körperseite im 90 Grad-Winkel zur Wand. Die Arme werden auf Schulterniveau gehoben und die Hände zu einer Faust geschlossen oder die Finger gestreckt gehalten. Als Messpunkt gilt das Kleinfingergrundgelenk. Gemessen wird die erreichte Distanz in cm, die die Hand nach vorne erreicht, ohne die Beinposition zu verändern und das Gleichgewicht zu verlieren. Ein Probeversuch ist erlaubt. Zur Bestimmung des FRT-Wertes wird der Mittelwert aus drei Versuchen herangezogen (Balzer et al., 2012; Jansenberger & Wetzelhütter, 2016). Nach Thomas und Lane (2005) liegt der Cut-off-Wert zur Erhebung eines gesteigerten Sturzrisikos bei 18,5 cm.

Der Alternate Step Test wird zur Beurteilung des dynamischen, kontinuierlichen Gleichgewichts und zur Testung der lateralen Stabilität eingesetzt (Balzer et al., 2012; Jansenberger & Wetzelhütter, 2016). Zur Durchführung werden die Teilnehmer_innen angewiesen, acht Mal so schnell wie möglich auf eine Stufe mit einer Höhe von 18 cm und einer Tiefe von 40 cm zu steigen, wobei sie zwischen dem rechten und dem linken Bein wechseln sollen (Balzer et al., 2012). Der Test wurde für die Studie nach Jansenberger und Wetzelhütter modifiziert – während der Testdurchführung ist das Tragen von Schuhen erlaubt und die Stufentiefe wurde reduziert. Beurteilt wird die benötigte Zeit in Sekunden, wobei der Grenzwert bei 10,8 Sekunden liegt und bei Werten über 10 Sekunden eine erhöhte Sturzgefahr gegeben ist (Tiedemann et al., 2008).

Beim 10 Meter-Gehtest werden die Gangstabilität und die Beinkraft beim Gehen einer definierten Strecke (10 m) mit gewohnter Gehgeschwindigkeit gemessen. Für die Testdurchführung sollte eine ebene Strecke von 20 m zur Verfügung stehen. Mit einer Stoppuhr wird die Zeit in Sekunden gemessen, die für die Absolvierung einer Gehstrecke von 10 m benötigt wird. Die Zeit wird gestartet bzw. gestoppt, sobald ein Fuß die Start- bzw. Ziellinie überschreitet. Um die Auswirkungen der Beschleunigung und des Abbremsens auf die Gehgeschwindigkeit zu minimieren, werden die ersten und letzten 5 m der Strecke für den Test nicht berücksichtigt. Der Test wird einmal durchgeführt. Bewertet wird in Meter pro Sekunde mit Cut-off-Werten, welche nach dem Alter gestaffelt sind: 70–74 Jahre: 1,12–1,10 m/s; 75–79 Jahre: 1,12–1,02 m/s; 80–84 Jahre: 1,08–1,00 m/s; \geq 85 Jahre: 1,02–1,01 m/s (Granacher et al., 2013).

Sekundäre Zielp Parameter waren u.a. Sturzangst und Sturzanzahl im vergangenen Jahr. Die Sturzangst wurde anhand einer Numeric Rating Scale (NRS) erhoben, die Anzahl der Stürze mittels Anzahlkategorien.

3.7 Studienablauf

Der Ablauf der Rekrutierung und Randomisierung wurde bereits in Punkt 3.4.4 beschrieben.

Eine Verblindung der TeilnehmerInnen sowie der Behandlerin war in diesem Studiensetting nicht möglich. Durch den Umstand, dass die Testerin auch die Leiterin des 12-wöchigen Trainingsprogrammes war, konnte keine Blindierung gewährleistet werden. Ebenfalls konnte eine Informationsweitergabe durch die teilnehmenden ProbandInnen, welche ihre Gruppenzugehörigkeit aufgrund einer fehlenden Scheinbehandlung wussten, nicht ausgeschlossen werden.

Im weiteren Verlauf fand die Erstmessung bzw. Baseline-Messung vor Beginn der Intervention und des Trainingsprogramms durch die Trainerin bzw. wissenschaftliche Mitarbeiterin statt. Das Testprotokoll umfasst die zuvor angeführten Assessments und die Erfragung der persönlichen Einschätzung zum subjektiven Gleichgewichtsgefühl und der Sturzangst mittels NRS sowie der Sturzanzahl der letzten 12 Monate.

Nach der ersten Datenerfassung startete der 12-wöchige Interventionszeitraum. Die Personen der Interventionsgruppe erhielten innerhalb der 12 Wochen neben dem konventionellen Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining drei osteopathische Behandlungen an den Querdiaphragmen. Diese Interventionen wurde immer von derselben Osteopathin durchgeführt. Als Behandlungsintervall wurden vier Wochen

festgelegt. Die Kontrollgruppe absolvierte hingegen das herkömmliche Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining in dem Zeitrahmen von 12 Wochen. Die 50-minütigen Einheiten des Trainingsprogramms wurden von einer Trainerin wöchentlich in Gruppen mit ca. 15 Personen abgehalten.

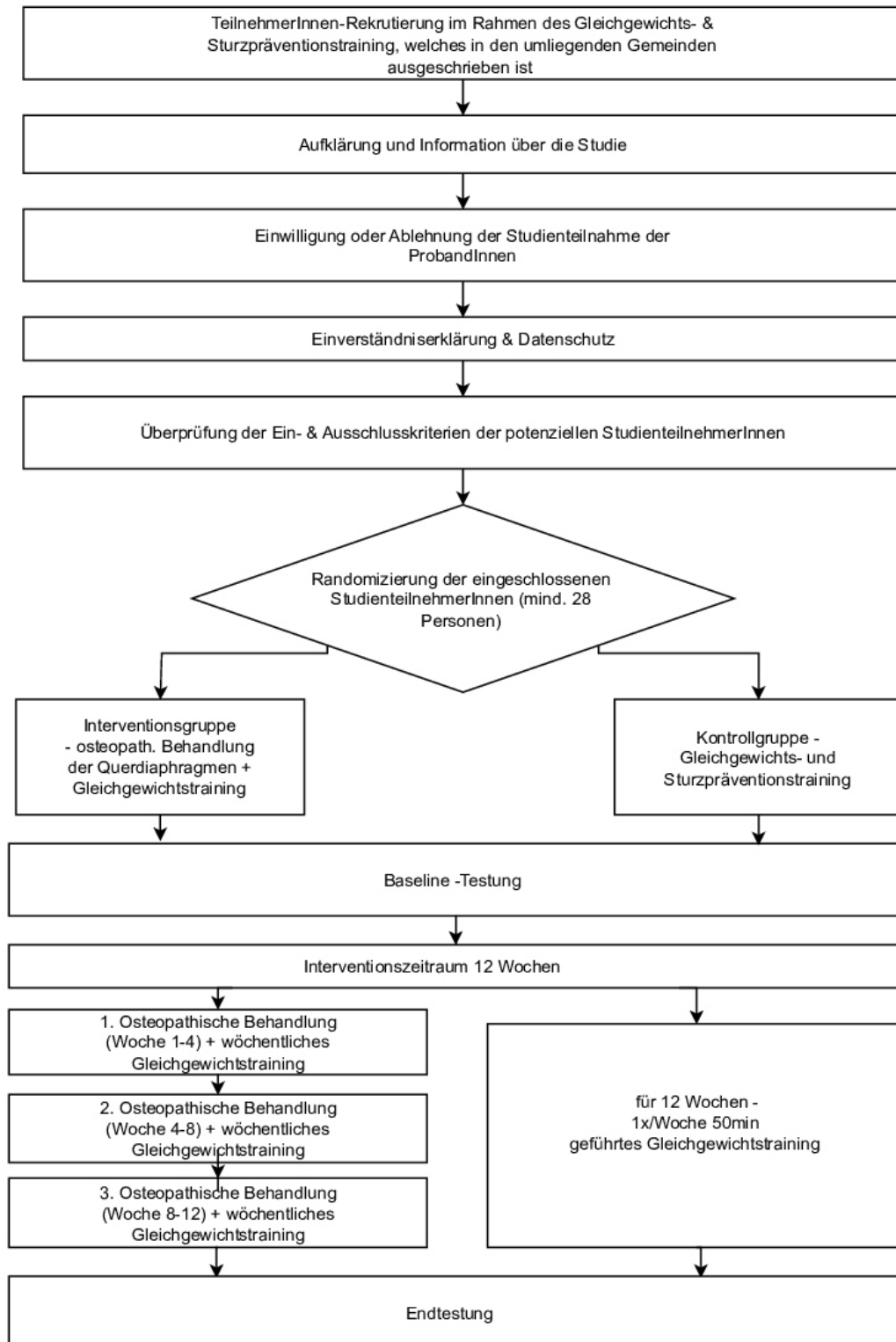


Abbildung 3: schematischer Studienablauf

3.8 Interventionen

3.8.1 Intervention in der Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe wurde das Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining angelehnt an die Vorgaben des Trittsicher & aktiv-Programmes der Österreichischen Gesundheitskasse nach Jansenberger und Mairhofer (2023) durchgeführt. Das Programm umfasst Übungen zur Wahrnehmung des Körpers und dessen Schwerpunkt, Übungen zur Gleichgewichtsschulung, Kraftübungen, alltagsorientiertes Koordinationstraining und Übungselemente für den sicheren Transfer zu Boden und wieder aufstehen.

3.8.2 Intervention in der Versuchsgruppe

Die osteopathische Interventionsgruppe wurde nach dem Erhalt einer ärztlichen Zuweisung in einem Anamnesegespräch befragt und nach den Richtlinien der Osteopathie an den Querdiaphragmen untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem digitalen Befundbogen dokumentiert. Danach erfolgte die Intervention. In diesem Studiensetting bedeutete dies, dass jede_r Proband_in an allen Querdiaphragmen mit befundabhängigem zeitlichem Schwerpunkt therapiert wurde, wie es der osteopathischen Praxis entspricht.

Es erfolgten drei osteopathische Behandlungen zu je 30–45 Minuten im Zeitraum von 12 Wochen. Daraus ergibt sich ein Behandlungszyklus von 4 Wochen. Zur besseren Vergleichbarkeit mit der Kontrollgruppe lehnte sich der Behandlungszeitraum an die Dauer der Gleichgewichtstrainings- und Sturzpräventionsgruppe an.

Zur Standardisierung der Technikabfolge wurde entschieden, mit den kranialen Techniken und dem Occiput-Atlas-Axis-Komplex zu beginnen und sich caudal in Richtung Beckenboden vorzuarbeiten.

Behandlungsprotokoll zur Harmonisierung der Querdiaphragmen:

3.8.2.1 Tentorium Cerebelli nach Liem (2018, S. 355-417)

Zur Entspannung des Tentorium cerebelli wurden zwei Techniken genutzt. Zur Entspannung von anterior nach posterior wurde die SSB-Dekompression herangezogen. Die transversale Entspannung wurde mittels Ear-Pull-Technik erzielt.

- SSB-Dekompression: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage und der/die Therapeut_in sitzt am Kopfende. Die Daumen des/der Therapeut_in liegen an der Alae majores, die Ring- und Mittelfinger berühren seitlich das Occiput.

Die Hände synchronisieren sich mit dem primären Rhythmus. Die Daumen üben einen sanften Zug nach anterior über die Alae majores aus, bis es zu einem natürlichen Disengagement der SSB kommt. Es kann währenddessen zu unterschiedlichen Bewegungen des Sphenoids kommen. Diese werden, ohne den Zug zu verlieren, zugelassen, bis ein Point of Balance eintritt und der/die Therapeut_in die Phasen der Gewebsentspannung wahrgenommen hat und der Bereich von den Spannungsmustern befreit ist. Anschließend folgen die Hände passiv noch ein bis zwei Zyklen.

- Ear-Pull-Technik: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage und der/die Therapeut_in sitzt am Kopfende. Die Daumen des/der Therapeut_in liegen in den äußeren Gehörgängen, die Zeige- und Mittelfinger liegen hinter den Ohren möglichst nahe an den Ossa temporalia, und die Daumen und Finger umschließen die Antitragi und Ohrläppchen. Die Hände an den Ossa temporalia synchronisieren sich mit dem primären Rhythmus. Es wird ein sanfter Zug im Verlauf der Partes petrosae nach schräg lateral, posterior und cranial aufgebaut, bis das Tentorium leicht aus dem Spannungsbereich geführt ist. Während der Technik und des Spannungsaufbaus kann sich die Zugrichtung immer wieder leicht ändern. Dies wird zugelassen und die Technik dementsprechend angepasst. Zuerst werden hierbei die suturalen Gelenksflächen zwischen Pars petrosa und Os sphenoidale befreit und danach die Membranspannungen gelöst. Es wird so lange gewartet, bis sich ein Point of Balance einstellt und der/die Therapeut_in eine Verbesserung der Gewebsqualität und -bewegung erkennt.

3.8.2.2 *Craniocervikales Diaphragma nach Liem (2018, S.403-404)*

Der Suboccipital Release in Rückenlage wurde zur Behandlung dieses Bereiches ausgewählt.

Der/Die Patient_in ist in Rückenlage und der/die Therapeut_in sitzt am Kopfende. Die Therapeut_innen-Hände führen den Kopf in eine leichte hochcervicale Flexion, um die Finger beider Hände unter dem Occiput im OAA-Bereich positionieren zu können. Anschließend wird der Kopf in leichte Extension gebracht, sodass das Occiput in den Handflächen zu liegen kommt. Die Finger werden rechtwinkelig aufgestellt, dass sie nach anterior gerichtet sind und die Fingerbeeren den Unterrand des Occiput berühren. Primär wird die superfizielle Muskelspannung und anschließend die suboccipitale Muskulatur durch sanften Druck bzw. durch das Eigengewicht des Kopfes auf den Fingerbeeren gelöst. Während der Technik kann der Kopf in leichte Extension geführt werden bzw. sollte die myofasziale Entspannung durch eine patientInnen-spezifische

Kopf- und Nackeneinstellung unterstützt werden. Am Ende der Behandlung ruht der Schädel durch den Atlas gestützt auf den Fingern.

3.8.2.3 *Cervicothorakales Diaphragma nach Liem (2018, S. 392)*

Dieser Bereich wurde mittels Unwinding-Technik behandelt.

Der/Die Patient_in ist in Rückenlage und der/die Therapeut_in sitzt am Kopfende. Die Hände werden so positioniert, dass die Daumen beidseits auf den Processi transversi des 1. Brustwirbels liegen. Die Zeigefinger liegen auf den 1. Rippen und die Mittelfinger auf den 2. Rippen. Die Handflächen des/der Therapeut_in ruhen beidseits auf den Schultern. Zuerst wird durch leichten Druck der Kontrakt mit den tiefen Gewebsschichten aufgenommen. Danach wird eine Torsionsbewegung des oberen thorakalen Bereichs getestet. Man folgt in die Richtung, die sich leichter bewegen lässt, und der Kopf wird sanft in eine kontralaterale Richtung rotiert. Es wird versucht, einen Point of Balance zu finden, in dem der Körper sich mit seinen myofaszialen Dysfunktionen auseinandersetzen muss und beginnt sich zu entwirren. Die Hände unterstützen die Lösung der faszialen Spannungsmuster durch Aufmerksamkeit und gezielte Führung um die Barriere/um das Fulcrum ohne den Spannungslinien blind zu folgen.

3.8.2.4 *Diaphragma abdominale nach Dick & Mayer-Fally (2014) und Schötta (2020)*

Zur Behandlung des Diaphragma abdominale wurde eine Myofascial Release Technik für die costalen Anteile (Dick & Mayer-Fally, 2014) und eine Muscle Energy Technik für die Crurae des Diaphragmas (Schötta, 2020) herangezogen.

- Myofascial Release Technik: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage mit aufgestellten Beinen, der/die Therapeut_in steht rechts oder links daneben. Die kontralaterale Seite wird behandelt. Die craniale Hand liegt über dem Rippenbogen im anterolateralen Thoraxbereich und führt einen Hautvorschub nach medial. Die caudale Hand gleitet mit den Fingern entlang des Rippenbogens Richtung Pars costalis des Diaphragmas, bis die Muskelspannung in der Tiefe wahrgenommen wird. Es werden mobilisierende Bewegungen an den costalen Diaphragmaansätzen ausgeführt, bis eine Lösung des Gewebes eintritt. Diese Technik wird an beiden Seiten ausgeführt.
- Muscle Energy Technik: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage mit aufgestellten Beinen, der/die Therapeut_in steht rechts oder links daneben. Die craniale Hand liegt im Bereich des 12. Brustwirbels und 3. Lendenwirbels, wobei die Fingerspitzen paravertebral auf der kontralateralen Seite liegen und die Fingerballen unter den

Spinosi. Diese Hand übt einen leichten Druck nach anterior aus. Die caudale Hand oder der Unterarm fixiert die Knie und rotiert die Beine zur kontralateralen Seite, bis eine tiefe myofasziale Spannung an der cranialen Hand spürbar ist. Dort werden die Beine gehalten. Der/Die Patient_in wird nun aufgefordert, einen leichten Druck in die Richtung des/der Therapeut_in aufzubauen und diesen Druck nach fünf Sekunden wieder zu lösen. Danach werden die Beine weiter zur kontralateralen Seite rotiert, bis die nächste Barriere spürbar ist. Der Vorgang wird drei bis fünf Mal wiederholt. Zum Abschluss wird zur funktionellen Reintegration eine umfassende, harmonisierende Zwerchfellschaukel durchgeführt.

3.8.2.5 *Diaphragma pelvis und urogenitale nach Engel-Schulmeyer (2022)*

Die Techniken für den Beckenboden bestehen aus direkten Weichteiltechniken/Ausstreichungen der dorsalen Muskelanteile, Muskelinhibitionen in der Regio urogenitalis (Engel-Schulmeyer, 2022) und einer Muscle Energy Technik mit Beinkombination rechts und links.

- Direkte Weichteiltechniken: Der/Die Patient_in ist in Seitenlage, die zu behandelnde Seite ist oben. Die Beine sind bequem gebeugt und eventuell wird ein Handtuch zwischen den Knien gelagert. Der/Die Therapeut_in steht vor dem/der Patient_in. Beide Hände umfassen den Tuber ischiadicum und die Fingerspitzen berühren die hinteren myofaszialen Beckenbodenanteile. Der Oberkörper des/der Therapeut_in fokussiert das Becken auf die zu behandelnde Stelle. Die Finger drücken an den betroffenen Stellen nach ventral und führen Ausstreichungen von medial nach lateral aus, bis ein physiologischer Spannungszustand erreicht ist.
- Muskelinhibition: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage, das Bein der zu behandelnden Seite ist leicht gebeugt oder liegt mit dem Knie über dem Oberschenkel des/der Therapeut_in, das andere Bein liegt locker gestreckt. Der/Die Therapeut_in steht rechts oder links. Die Fingerspitzen der caudalen Hand gleiten die Innenseite des Tuber ischiadicum entlang in die Tiefe und wandern entlang der ‚Kante‘ der Membrana obturatoria weiter über den Ramus ossis ischii und pubis zur Mitte bis zur Membrana perinei und dem M. bulbospongiosus. Entlang dieser Palpationslinie werden die auffälligen myofaszialen Stellen mittels Druckinhibition oder, falls das zu wenig ist, mit zusätzlichen Verschiebungen behandelt.
- Muscle Energy Technik mit Beinkombination rechts und links: Der/Die Patient_in ist in Rückenlage, ein Bein wird zur Brust gezogen, das zweite Bein hängt in Hüftextension und mit dem Unterschenkel seitlich vom Liegenrand. Der/Die Therapeut_in führt nun

die Beine sanft weiter in Hüftflexion und Hüftextension, bis sich das Spannungszentrum im Bereich des Beckens und des Beckenbodens aufbaut. Danach wird der/die Patient_in angeleitet, mit dem gebeugten Bein eine lockere isometrische Spannung Richtung Streckung und mit dem gestreckten Bein Richtung Beugung aufzubauen und für ungefähr fünf Sekunden zu halten. Danach werden die Beine bis zur nächsten Barriere in Flexion und Extension geführt. Der Vorgang wird drei bis fünf Mal wiederholt.

3.9 Datenverarbeitung und -auswertung

Zunächst wurden die Stichprobe und die Gruppen hinsichtlich der Haupt- und Nebenparameter auf Normalverteilung geprüft (Shapiro-Wilk-Test).

Zur Überprüfung möglicher Unterschiede der unabhängigen Variablen der Gruppen wurden die Daten in Balkendiagrammen und Boxplots visualisiert und interpretiert.

Um Veränderungen zwischen den Testzeitpunkten innerhalb der Gruppen zu evaluieren, wurde bei normalverteilten Daten der t-Test für abhängige Stichproben und bei nicht normalverteilten Daten der Wilcoxon-Test herangezogen.

Etwaige Gruppenunterschiede vor der Intervention (T0) und nach der Intervention (T1) wurden bei normalverteilten Daten, wie beim Functional Reach Test und beim Gehstest, durch den t-Test für unabhängige Stichproben überprüft. Waren die Daten nicht normalverteilt, wie beim modif. Static Balance Test und dem Alternate Step Test, kam der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test zum Einsatz.

Zur Überprüfung, ob sich die Veränderungen (Verbesserungen) zwischen den Gruppen signifikant unterscheiden, wurde zunächst eine neue Variable berechnet, die die Differenz zwischen den Messzeitpunkten T0 und T1 innerhalb der Gruppen abbildet. Anschließend wurde bei Vorliegen einer Normalverteilung der t-Test für zwei unabhängige Stichproben durchgeführt. Theoretisch wäre alternativ auch eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) möglich gewesen. In Absprache mit der Statistikerin wurde jedoch der t-Test für zwei unabhängige Stichproben gewählt, da dieser bei lediglich zwei Messzeitpunkten eine adäquate und transparente Methode darstellt. Während bei der ANOVA das partielle Eta-Quadrat als Effektgröße angegeben werden würde, erfolgt beim t-Test die Berechnung der Effektgröße mittels Cohen's d. Dabei werden sowohl die Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten als auch die Alphafehlerkumulierung berücksichtigt. Die Wahl des t-Tests gewährleistet zudem eine

methodisch-übereinstimmende Ebene zu den eingesetzten parameterfreien Testverfahren.

Bei Nicht-Vorliegen einer Normalverteilung wurde der MWU-Test genutzt und die Effektgröße r für parameterfreie Testungen wurde mittels der Formel $r = \frac{Z}{\sqrt{N}}$ berechnet.

Z = Standardisierte Teststatistik des Mann-Whitney-U- oder Wilcoxon-Tests

N = Gesamtanzahl der Beobachtungen

Interpretation (ähnlich zu Pearson's r): 0,1 = kleiner Effekt; 0,3 = mittlere Effekt; 0,5 = großer Effekt

Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 0.05$ (zweiseitig) festgelegt. Für den mittleren Unterschied zwischen den beiden Gruppen wurde ein 95%-Konfidenzintervall berechnet. Die Berechnungen und Abbildungen wurde mit der Statistik Software SPSS mit Hilfe einer Statistikerin durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibung der Gesamtstichprobe

In der Rekrutierungsphase meldeten sich insgesamt 35 Personen für die Teilnahme an der Studie an. Nach der Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien umfasste die Stichprobe 30 Proband_innen, bestehend aus 22 Frauen (73,3 %) und 8 Männern (26,7 %). Das Durchschnittsalter lag bei 78,25 Jahren mit einer Standardabweichung (SD) von 5,85 Jahren (siehe Abb. 4). Die älteste Teilnehmerin war 92,1 Jahre, die jüngste Teilnehmerin war 67,1 Jahre alt. Der Shapiro-Wilk-Test mit einem Wert von $p = 0,718$ zeigt die Gauss'sche Glockenkurve eine Normalverteilung der Altersdaten an.

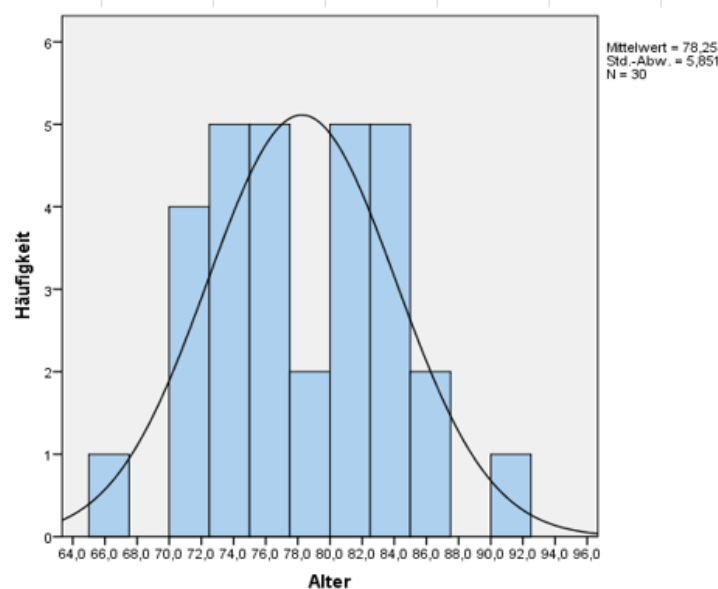


Abbildung 4: allgemeine Altersverteilung der Studienpopulation (n=30)

Die Zielparameter wurden ebenfalls mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Der SBT ($p = 0,017$) sowie der AST weisen keine normalverteilten Daten auf. Obwohl der AST zu T0 mit $p = 0,061$ zunächst auf eine Normalverteilung hinweist, wurde der Test aufgrund des AST T1-Wertes ($p = 0,003$), gemäß Rücksprache mit der Statistikerin, insgesamt als nicht normalverteilt eingestuft. Die Daten des FRT ($p = 0,953$) und des Gehtests ($p = 0,643$) erfüllen hingegen die Kriterien der Normalverteilung.

4.2 Beschreibung sekundären Parameter der beiden Gruppen

Sowohl die Interventionsgruppe als auch die Kontrollgruppe umfasste je 15 Personen ($n = 15$), die – wie beschrieben – zufällig eingeteilt wurden.

Wie in den Abbildung 4 bis 7 ersichtlich, unterscheiden sich die beiden Gruppen hinsichtlich des Geschlechts, des Alters, der Anzahl der Sturzereignisse und der Sturzangst nicht signifikant voneinander.

Abbildung 5 zeigt die Geschlechterverteilung sowie die Gruppenzugehörigkeit und Abbildung 6 veranschaulicht die Altersverteilung innerhalb und im Vergleich der Gruppen.

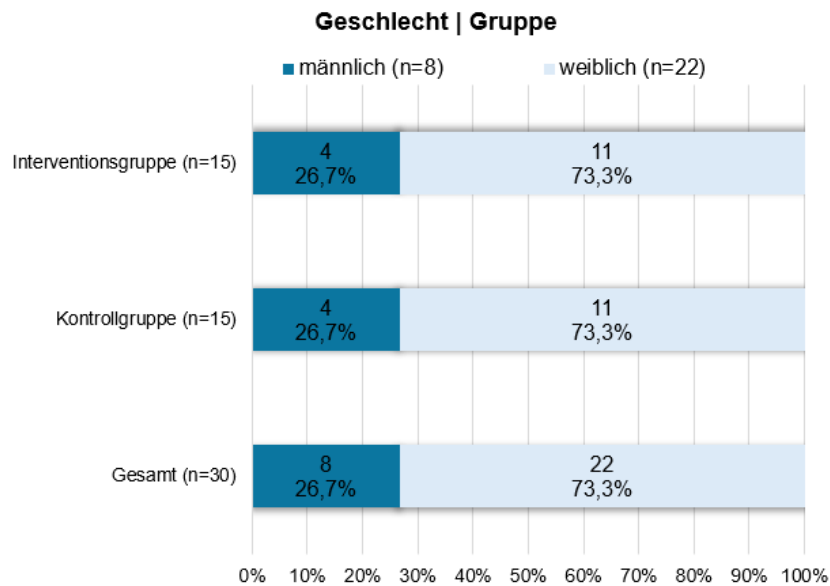


Abbildung 5: Geschlechterverteilung und Gruppenzugehörigkeit. Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt

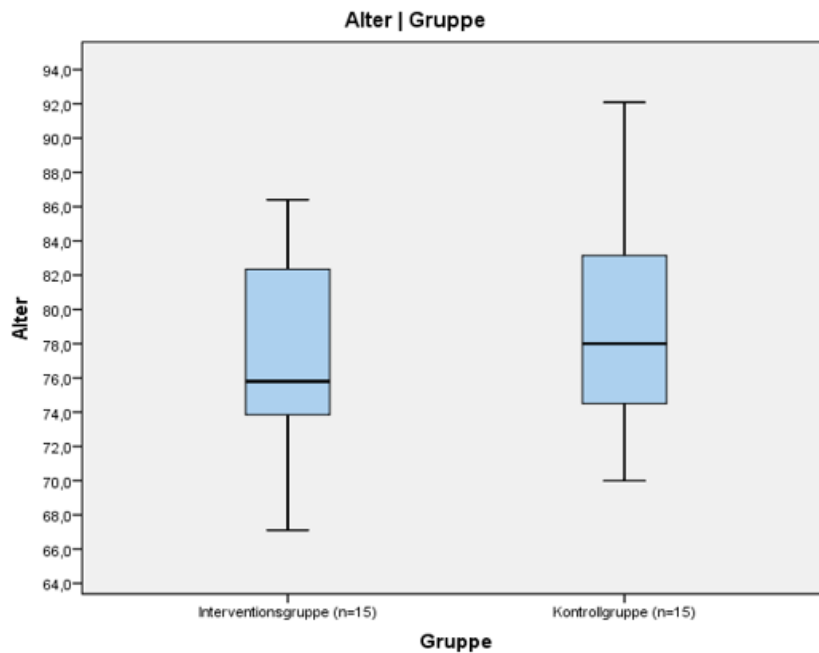


Abbildung 6: Altersverteilung der Gruppen (IG: n=15, KG: n=15). Daten sind in einem Boxplot dargestellt

4.2.1 Sekundärer Parameter – Sturzereignisse zu T0

In Abbildung 7 werden die Sturzereignisse der Studienteilnehmer_innen nach Gruppenzugehörigkeit vor Studienbeginn graphisch dargestellt. Der Median der Gruppen unterscheidet sich (IG: 1 Sturz, KG: 2 Stürze). Die Spannweite ist ähnlich und zeigt eine vergleichbare Variabilität der Sturzereignisse. In beiden Gruppen gibt es einzelne Ausreißer mit einer höheren Anzahl an Stürzen.

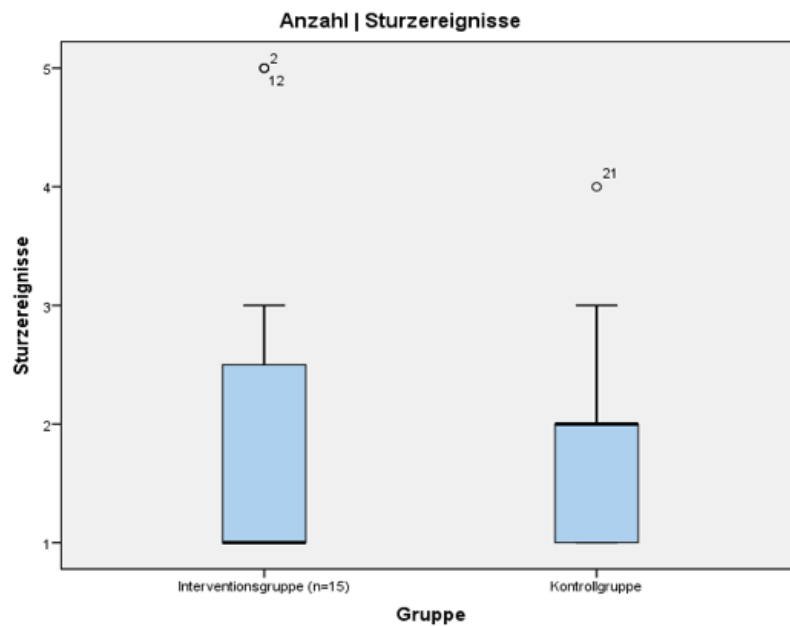


Abbildung 7: Sturzereignisse in der IG (n=15) und KG (n=15). Daten sind in einem Boxplot dargestellt. Die Kreise kennzeichnen Ausreißer

4.2.2 Sekundärer Parameter – Sturzangst

4.2.2.1 Sturzangst zu T0

Abbildung 8 zeigt die Sturzangst vor Studienantritt innerhalb und im Vergleich der Gruppen. Die Kontrollgruppe weist eine höhere Sturzangst (66,7 %) als die Interventionsgruppe (53,3 %) auf, diese Differenz ist laut Exaktem Fisher-Test signifikant ($p = 0,710$).

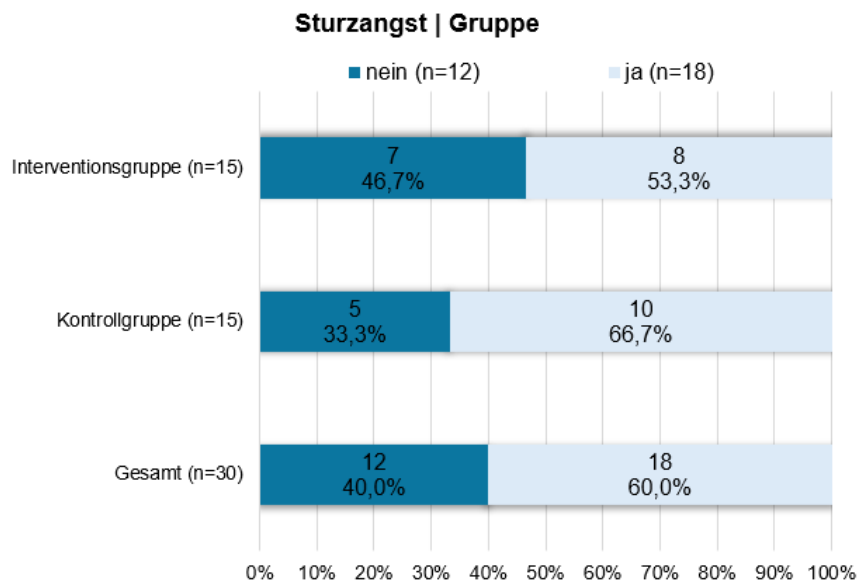


Abbildung 8: Sturzangst innerhalb und im Vergleich der Gruppe zu T0. Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt

4.2.2.2. Sturzangst zu T1

Abbildung 9 zeigt die Sturzangst nach der Intervention innerhalb der Gruppen und im Vergleich der Gruppen. Die Kontrollgruppe zeigt zu diesem Zeitpunkt eine höhere Sturzangst (60,00 %) als die Interventionsgruppe (26,70 %). Diese Differenz ist laut Exaktem Fisher Test mit $p = 0,139$ nicht signifikant. Die Interventionsgruppe weist nach wie vor eine mehr Teilnehmende ohne Sturzangst (73,30 %) im Vergleich zur Kontrollgruppe (40,00 %) auf.

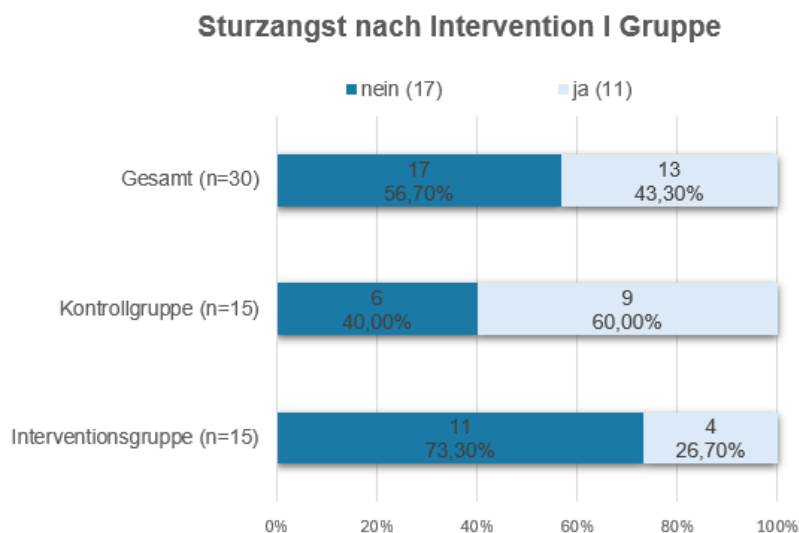


Abbildung 9: Sturzangst innerhalb und im Vergleich der Gruppe zu T1. Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt

4.3 Beschreibung der Hauptparameter zur Erhebung der posturalen Kontrolle

Alle Ausgangswerte der Hauptparameter zur Erhebung der posturalen Kontrolle und Stabilität unterscheiden sich zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe nicht signifikant voneinander, was eine Aussage über den Effekt der Therapie nach der Intervention zulässt.

4.3.1 Static Balance Test (SBT)

Im SBT weist die Interventionsgruppe vor der Behandlung zwar einen höheren Mittelwert auf, dieser ist mit einem p-Wert von 0,114 (MWU-Test) jedoch nicht signifikant. Dieses Muster spiegelt sich ebenfalls im Median wider. Somit gibt es keine Gruppenunterscheide in den Baselinewerten (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4. Baselinewerte lt. Static Balance Test

Static Balance Test – T0	Mittelwert	SD	Median	Interquartilsabstand (IQR)
Interventionsgruppe	54,40	4,983	56	8
Kontrollgruppe	52,33	4,701	53	9

Im SBT weist die Interventionsgruppe nach der Behandlung mit einem Mittelwert von 58,13 zwar einen höheren Mittelwert auf als die Kontrollgruppe (MW = 56,27), dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (MWU-Test: $p = 0,470$, $r = 0,132$). Die Medianwerte näherten sich postinterventionell einander an. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5. Endwerte des Static Balance Test

Static Balance Test – T1	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	58,13	2,232	59	7
Kontrollgruppe	56,27	5,092	59	10

Im SBT haben sich die Testwerte aller TeilnehmerInnen signifikant verbessert (Wilcoxon-Test: $p = 0,000$, $r = 0,688$;). Der Median lag bei beiden Gruppen zu T1 bei 59 Punkten. Die Mittelwerte der Interventionsgruppe haben sich von 54,40 Sekunden auf 58,13 Sekunden signifikant verbessert ($p = 0,005$, $r = 0,723$). In der Kontrollgruppe kam es zu einer signifikanten Veränderung von 52,33 Sekunden auf 56,27 Sekunden ($p = 0,010$, $r = 0,666$). Die jeweils positiven Veränderungen in den beiden Gruppen unterscheiden sich zwischen den Gruppen nicht signifikant voneinander mit $p = 0,868$ und $r = 0,30$.

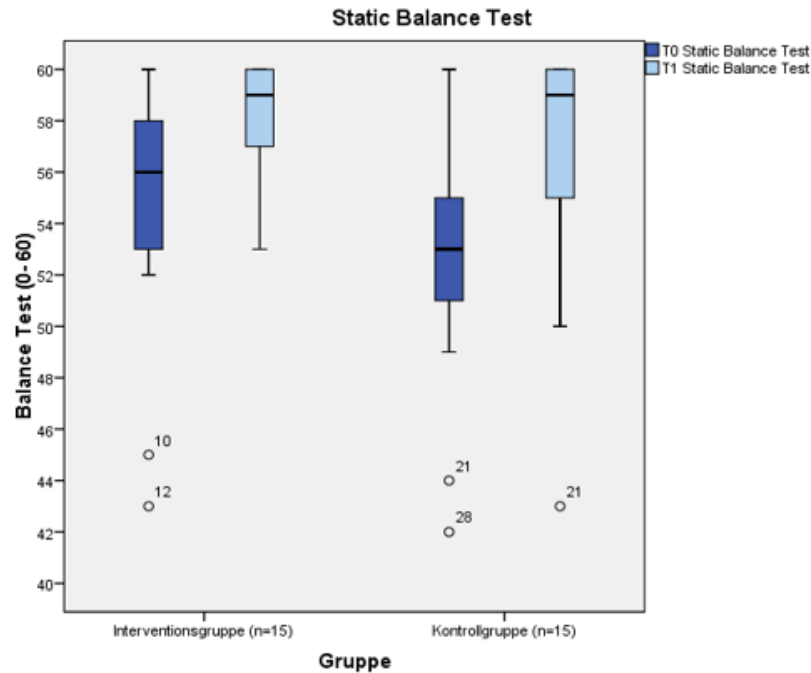


Abbildung 10: Static Balance Test zu T0 und T1 in den Gruppen (IG n=15, KG n=15). Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt. Die Kreise kennzeichnen Ausreißer

4.3.2 Functional Reach Test (FRT)

Der FRT zeigt keinen signifikanten Unterschied vor der Behandlung. Die Interventionsgruppe weist zwar vor der Behandlung einen höheren Median und Mittelwert auf, dieser Unterschied ist aber nicht signifikant (t-Test für 2 unabh. Stichproben: $p = 0,157$).

Tabelle 6. Baselinewerte lt. Functional Reach Test

Functional Reach Test – T0	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	28,87	7,652	29	28
Kontrollgruppe	25,20	6,073	24	23

Die Endwerte des FRT werden in Tabelle 7 dargestellt. Die FRT-Parameter unterscheiden sich zwischen den Gruppen nach der Behandlung mit einem p-Wert von 0,065 (t-Test für 2 unabh. Stichproben) nicht signifikant voneinander (Effektstärke $d = 0,341$).

Tabelle 7. Endwerte des Functional Reach Test

Functional Reach Test – T1	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	32,13	5,817	32	21
Kontrollgruppe	28,27	5,205	27	17

Beide Gruppen haben sich innerhalb des Testzeitraumes signifikant verbessert (t-Test für zwei abh. Stichproben). Der Median lag in der Interventionsgruppe zu T1 bei 32 und in der Kontrollgruppe bei 27. In der Interventionsgruppe kam es zu einer Mittelwert-Verbesserung von 28,87 cm auf 32,13 cm ($p = 0,004$, $d = 0,675$). In der Kontrollgruppe veränderten sich die Mittelwerte von 25,20 cm auf 28,27 cm ($p = 0,005$, $d = 0,666$). Laut t-Test für 2 unabhängige Stichproben gibt es hinsichtlich der Verbesserung der FRT-Werte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,881$, $d = 0,029$).

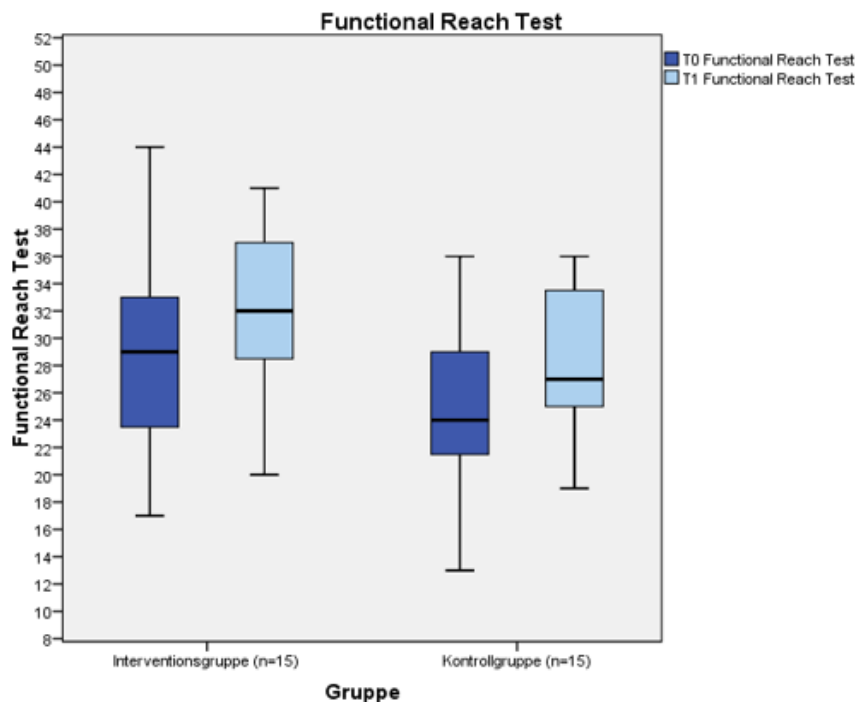


Abbildung 11: Functional Reach Test zu T0 und T1 in den Gruppen (IG n=15, KG n=15). Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt

4.3.3 Alternate Step Test (AST)

Im AST ist ebenfalls keine signifikante Unterscheidung zu T0 zwischen den beiden Gruppen darzustellen (MWU-Test: $p = 0,197$;). Der Median und der Mittelwert sind in der Interventionsgruppe jedoch etwas niedriger – siehe Tabelle 8.

Tabelle 8. Baselinewerte des Alternate Step Test

Alternate Step Test – T0	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	8,83	2,827	8,27	9,43
Kontrollgruppe	13,09	3,885	12,90	12,6

Zusätzlich ist beim AST auffällig, dass sich in der Kontrollgruppe, basierend auf der Testinterpretation (erhöhtes Risiko bei Messwerten > 10 Sekunden), signifikant mehr Personen mit einem erhöhtem Sturzrisiko befinden (KG: 11 Personen, IG: 5 Personen).

Diese Werte sind in Tabelle 9 angeführt. Dieser Unterschied ist mit einem p-Wert von 0,028 signifikant (Chi-Quadrat-Test).

Tabelle 9. Baselinewerte erhöhtes Sturzrisiko lt. Alternate Step Test

Erhöhtes Sturzrisiko/AST – T0		Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Gesamt
Kein erhöhtes Risiko	Anzahl (%)	10 (66,7 %)	4 (26,7 %)	14 (46,7 %)
	% innerhalb der Gruppe Sturzrisiko/AST	71,4 %	28,6 %	100 %
Erhöhtes Risiko	Anzahl (%)	5 (33,3 %)	11 (73,3 %)	16 (53,3 %)
	% innerhalb der Gruppe Sturzrisiko/AST	31,3 %	68,8 %	100 %

Die Werte des Alternate Step Test (AST) unterscheiden sich zwischen den Gruppen nach der Behandlung signifikant mit einem p-Wert von 0,046 und $r = 0,364$ (MWU-Test). Die Kontrollgruppe unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 11,5 und einem Median von 11,1 signifikant vom Mittelwert von 7,5 und vom Median von 7,1 in der Interventionsgruppe und sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10. Endwerte des Alternate Step Test

Alternate Step Test – T1	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	7,53	1,120	7,17	4,17
Kontrollgruppe	11,51	3,211	11,18	11,16

Innerhalb der Gruppen haben sich nur die AST-Werte der Kontrollgruppe von 13,1 Sekunden auf 11,51 Sekunden signifikant verändert/verbessert (Wilcoxon-Test: $p = 0,002$, $r = 0,786$). Die Interventionsgruppe hat sich von einem niedrigerem Ausgangswert von 8,8 Sekunden auf 7,5 Sekunden auch verbessert, diese Verbesserung ist jedoch nicht signifikant ($p = 0,61$, $r = 0,484$). Obwohl die Verbesserung in der Kontrollgruppe signifikant ist und in der Interventionsgruppe nicht, ist die Veränderung in der Kontrollgruppe nicht signifikant höher als in der Interventionsgruppe (MWU-Test: $p = 0,738$, $r = 0,061$)

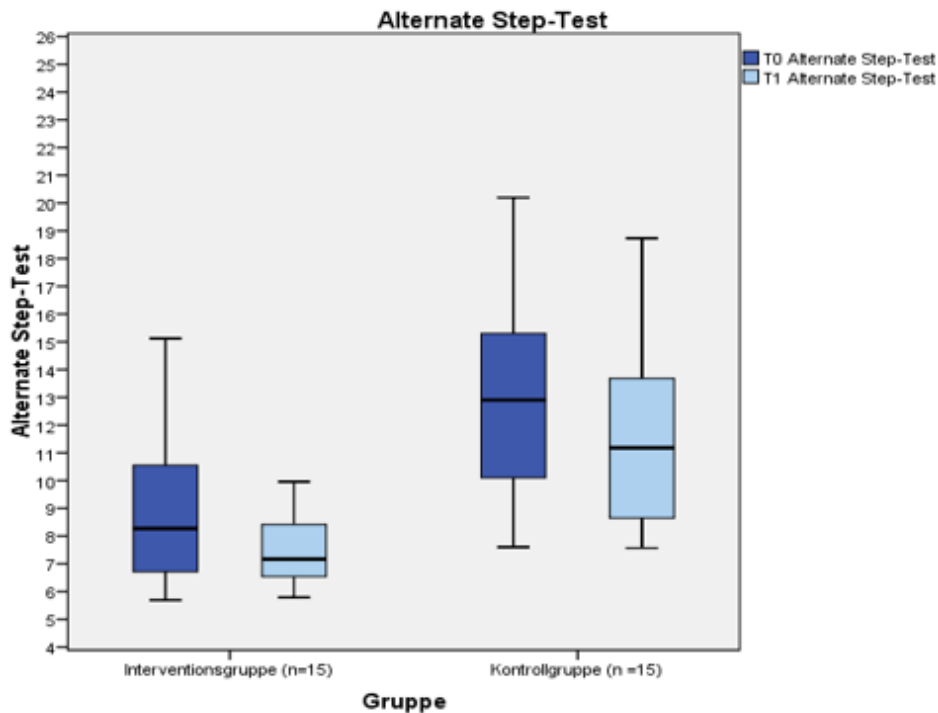


Abbildung 12: Alternate Step Test zu T0 und T1 in den Gruppen (IG n=15, KG n=15). Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt

Nach der Intervention zeigt sich, dass noch 9 Personen mit einem erhöhten Sturzrisiko laut AST in der Stichprobe vertreten sind. Von den 9 Personen sind alle 9 aus der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist signifikant (Chi-Quadrat-Test: $p < 0,001$;). Tabelle 11 zeigt die Gruppenverteilung.

Tabelle 11. Endwerte erhöhtes Sturzrisiko lt. Alternate Step Test

Erhöhtes Sturzrisiko/AST – T1		Interventionsgruppe	Kontrollgruppe	Gesamt
Kein erhöhtes Risiko	Anzahl (%) % innerhalb der Gruppe ohne Sturzrisiko	15 (100 %) 71,4 %	6 (40 %) 28,6 %	21 (70 %) 100 %
Erhöhtes Risiko	Anzahl (%) % innerhalb der Gruppe ohne Sturzrisiko	0 (0 %) 0 %	9 (60 %) 100 %	9 (30 %) 100 %

Betrachtet man nun die Patient_innen, die vorher ein Sturzrisiko aufwiesen, sieht man, dass bei 9 von ihnen das Sturzrisiko gleich geblieben ist und alle 9 in der KG waren. Von den 7 Patient_innen, die sich verbessern konnten, waren 5 in der Interventionsgruppe und 2 aus der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist signifikant mit einem p-Wert von 0,005 (Chi-Quadrat-Test).

Abbildung 13 zeigt das erhöhte Sturzrisiko im Zusammenhang mit dem Alternate Step Test vor und nach der Behandlung und den Gruppenzugehörigkeiten.

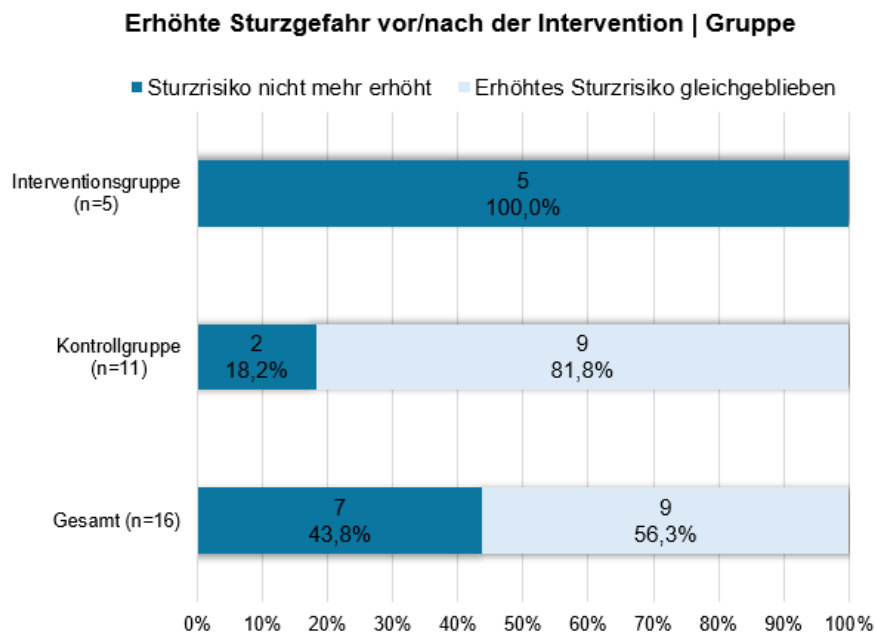


Abbildung 13: erhöhte Sturzgefahr lt. AST-Interpretation. Daten sind in eine Balkendiagramm dargestellt

4.3.4 Gehtest

Es gibt hinsichtlich des Gehtests keine signifikanten Unterschiede vor der Behandlung (t-Test für 2 unabh. Stichproben: $p = 0,418$). Tabelle 12 zeigt die Baselinewerte.

Tabelle 12. Baselinewerte lt. Gehtest

Gehtest – T0	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	1,34	0,202	1,3	0,8
Kontrollgruppe	1,26	0,279	1,3	1

Die Ergebnisse des Gehtests nach der Behandlung zwischen den Gruppen unterscheiden sich auch nach der Behandlung nicht signifikant voneinander (t-Test für 2 unabh. Stichproben: $p = 0,209$, $d = 0,236$) und sind in Tabelle 13 ersichtlich.

Tabelle 13. Endwerte lt. Gehtest

Gehtest – T1	Mittelwert	SD	Median	IQR
Interventionsgruppe	1,64	0,315	1,5	0,9
Kontrollgruppe	1,47	0,390	1,6	1,5

Im Gehtest weisen beide Gruppen eine signifikante Verbesserung auf, wobei die Interventionsgruppe einen höheren Mittelwert und damit eine höhere Verbesserung

zeigt. Der Median ist in der Kontrollgruppe minimal höher als in der Interventionsgruppe. In der Interventionsgruppe haben sich die Mittelwerte von 1,34 Meter/Sekunde auf 1,64 Meter/Sekunde verbessert (t-Test für 2 abh. Stichproben: $p < 0,001$, $d = 0,789$). Die Mittelwerte in der Kontrollgruppe veränderten sich von 1,26 Meter/Sekunde auf 1,47 Meter/Sekunde ($p = 0,001$, $d = 0,767$).

Im t-Test für 2 unabhängige Stichproben konnte hinsichtlich der Veränderung des Gehtests kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gezeigt werden; in beiden Gruppen ist die Veränderung positiv ($p = 0,240$, $d = 0,221$).

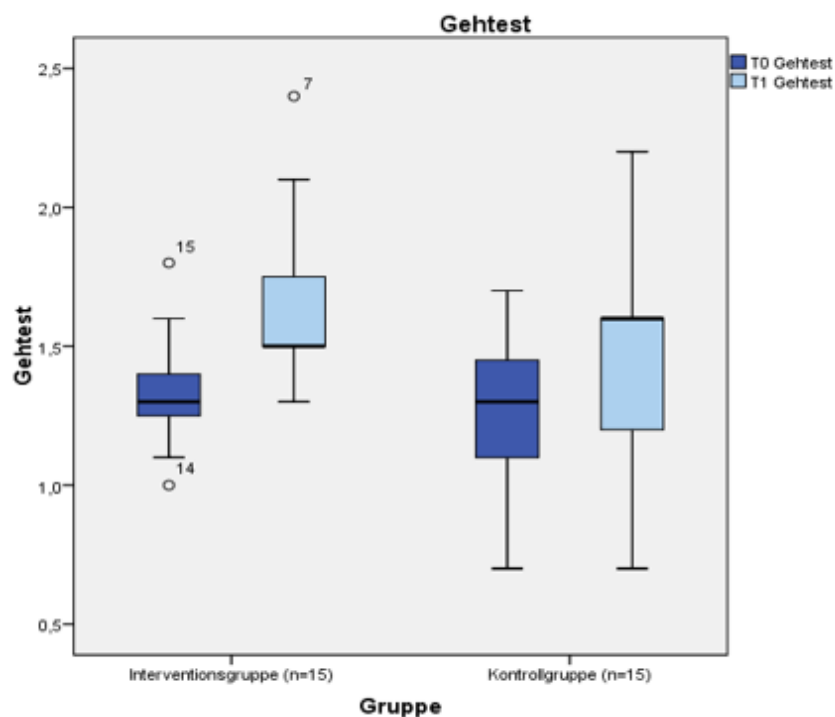


Abbildung 14: Gehtest zu T0 und T1 in den Gruppen (IG n=15, KG n=15). Daten sind in einem Balkendiagramm dargestellt. Die Kreise kennzeichnen Ausreißer

5 Diskussion

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen einer Reihe osteopathischer Techniken der Querdiaphragmen auf das posturale Gleichgewicht bei gesunden geriatrischen PatientInnen zu evaluieren. Die globale Körperhaltung sowie das posturale Gleichgewicht sind sowohl im Kontext der Gesundheitserhaltung als auch in der osteopathischen Betreuung von zentraler Bedeutung. Ein optimales Gleichgewicht und eine korrekte Körperhaltung sind entscheidend für die physiologische Funktion des menschlichen Körpers. Dysbalancen in den horizontalen Zwerchfellen können zu kompensatorischen Mechanismen und sekundären Läsionen führen, die wiederum das posturale Gleichgewicht negativ beeinflussen können.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine Stichprobe von 30 Proband_innen im Alter von über 65 Jahren analysiert. 15 Personen davon nahmen an einer Intervention, die eine Reihe osteopathischer Techniken umfasste, und einem Trainingsprogramm teil. Die anderen 15 Personen nahmen an einem Gleichgewichtstrainingsprogramm teil. Soweit der Autorin bekannt ist, stellt diese Studie die erste Untersuchung dar, die die Auswirkungen osteopathischer Techniken an horizontalen Zwerchfellen auf das posturale Gleichgewicht bei geriatrischen PatientInnen analysiert.

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Die Proband_innen sind innerhalb der Gruppe laut statistischer Berechnung homogen verteilt. In Bezug auf die Variablen Geschlecht, Alter, Sturzereignisse und Sturzangst unterscheiden sich die Interventions- und die Kontrollgruppe nicht voneinander (siehe 5.2). Somit konnten die möglichen Unterschiede bei den abhängigen Variablen auf die Behandlung zurückgeführt werden.

Betrachtet man die Ergebnisse aus dieser Studie, zeigt sich, dass sich sowohl nach der osteopathischen Querdiaphragmenbehandlung in Kombination mit dem Sturzpräventionsprogramm als auch nach dem alleinigen Trainingsprogramm die einzelnen Gleichgewichtsp Parameter beider Gruppen verbessert haben. Wie bereits in Kapitel 5.3. ersichtlich, profitieren beide Gruppen im Sinne einer Gleichgewichtsverbesserung von der Studienteilnahme. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Tests ergeben sich folgende Erkenntnisse:

Der Gruppenvergleich des **Static Balance Tests** (Unterschied der Änderung zwischen T0- und T1-Werten zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe) zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich der Veränderung

des Static Balance Parameters ($p = 0,868$, $r = 0,30$). Anhand dieses Tests lässt sich für die untersuchte Population feststellen, dass in keiner der Gruppen die Verbesserung signifikant höher ist als in der anderen Gruppe und somit die zusätzliche osteopathische Behandlung keinen wirkungsvollen Einfluss auf das statistische Gleichgewicht hat.

Durch die Analyse der Ergebnisse des **Functional Reach Tests** und den intergruppalen Vergleich konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf die Verbesserung der FRT-Werte festgestellt werden ($p = 0,881$, $d = 0,029$). Basierend darauf kann abgeleitet werden, dass die Behandlung der Querdiaphragmen keinen effizienten Behandlungsansatz für die Verbesserung des dynamischen Feedforward-Gleichgewichts darstellt.

Der **Alternate Step Test**-Parameter hat sich im Gruppenvergleich nicht signifikant verändert ($p = 0,738$, $r = 0,061$). Trotz einer signifikanten Veränderung innerhalb der Kontrollgruppe und einer nicht signifikanten Veränderung in der Interventionsgruppe zeigt der Vergleich der Veränderungswerte zwischen den Gruppen keine signifikant unterschiedlichen Effekte. Unter Bezugnahme auf die Testergebnisse kann schlussgefolgert werden, dass die osteopathischen Techniken keinen Einfluss auf die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit und Koordination im Alternate Step Test haben. Rein statistisch gesehen haben sich jedoch beide Gruppen im AST-Mittelwert verbessert und in der Interventionsgruppe konnte das Streuungsausmaß verringert werden, wodurch von einer homogeneren Leistungsverbesserung ausgegangen werden kann. Die Werte des AST in der Interventionsgruppe zeigen keine statistisch signifikante Veränderung an ($p = 0,061$). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Schwellenwert von > 10 Sekunden als kritischer Grenzwert zur Einschätzung eines erhöhten Sturzrisikos gilt (Tiedemann et al., 2008). Aus klinisch-praktischer Sicht ist demnach nicht nur die absolute Veränderung der Zeit relevant, sondern vielmehr, ob Teilnehmende eine Verbesserung in den Bereich unter diesen Schwellenwert erzielt haben. Nach Unterschreiten des klinisch relevanten Grenzwertes verliert die exakte Zeitdifferenz an Bedeutung, da in diesem Fall das Erreichen eines unkritischen Risikoprofils im Vordergrund steht. Daher wurde im Rahmen der statistischen Datenaufbereitung für den **AST** eine **Unterkategorie** mit einer neuen Variable mit nur zwei Kategorien gebildet (> 10 s: erhöhtes Sturzrisiko, ≤ 10 s: kein erhöhtes Sturzrisiko). Mittels des Chi-Quadrat-Tests konnte festgestellt werden, dass sich zum Zeitpunkt der T0-Messung in der Kontrollgruppe signifikant mehr Personen mit erhöhtem Sturzrisiko befanden. In der T1-Messungsanalyse der 16 Teilnehmenden mit initial-erhöhtem

Sturzrisiko (AST > 10s) aus der Versuchs- und der Kontrollgruppe zeigt sich ein deutlicher Gruppenunterschied hinsichtlich der Risikoreduktion. Von den 9 Personen, die nach dem Untersuchungszeitraum immer noch ein Sturzrisiko aufwiesen, waren alle 9 der Kontrollgruppe zuzuordnen. Bei 7 Studienteilnehmer_innen konnte eine klinisch relevante Verbesserung auf unter den kritischen Schwellenwert erzielt werden. Bemerkenswert ist, dass 5 Personen der Interventionsgruppe zuzuordnen waren, was auf einen möglichen positiven Einfluss und einen praktisch-relevanten Nutzen der Intervention auf die funktionelle Mobilität und die posturale Kontrolle, insbesondere bei vulnerablen Subgruppen, hinweist. Der Unterschied zwischen den Gruppen erwies sich als statistisch signifikant ($p = 0,005$), was die Annahme stützt, dass die osteopathische Intervention wirksam zur Senkung des Sturzrisikos beitragen kann.

Die Ergebnisse des **Gehtests** zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich der Veränderung der Gehgeschwindigkeit ($p = 0,240$, $d = 0,221$). Anhand dieses Tests lässt sich feststellen, dass in keiner der Gruppen die Verbesserung signifikant höher ist als in der anderen Gruppe und somit die zusätzliche osteopathische Behandlung keinen wirkungsvollen Einfluss auf das dynamische Gleichgewicht hat.

Interpretiert man diese Ergebnisse gemeinsam, sind zwei Aspekte festzustellen: Zum einen sind beide Gruppen im SBT, im FRT und im Gehtest bereits bei der T0-Messung (sowie bei der T1-Messung) über dem jeweils definierten, kritischen Schwellenwert für ein erhöhtes Sturzrisiko. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Studienpopulation trotz subjektiv empfundener Einschränkungen der Balancefähigkeit und einer durchschnittlichen Sturzhäufigkeit von 1,93 Stürzen im Vorjahr insgesamt über eine altersentsprechend stabile posturale Kontrolle verfügt und daher die klinische Relevanz und generelle Aussage über die posturale Stabilitätsveränderung der Studienergebnisse kritisch zu betrachten sind. Zum anderen zeigt sich, dass die Standardabweichung zur T1-Messung im SBT, im AST und im Gehtest durch die Querdiaphragmenbehandlung in der Interventionsgruppe geringer ausfällt und somit eine höhere Gruppenhomogenität erreicht wurde. Dies lässt sich als positiver Behandlungseffekt interpretieren und spricht für die Wirksamkeit der Techniken. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Als sekundärer Parameter wurde zu Studienbeginn und -ende die Sturzangst der Teilnehmenden mittels NRS erhoben. Anhand der Ergebnisse kann deskriptiv dargestellt werden, dass die Anzahl an Proband_innen mit Sturzangst in der Interventionsgruppe von 8 Personen auf 4 Personen gesunken ist. In der Kontrollgruppe zeigt nur eine Person eine subjektive Sturzangstreduktion. Im Rahmen der statistischen

Datenaufbereitung konnte hier jedoch mit $p = 0,1394$ keine statistische Signifikanz aufgezeigt werden. Die beobachtete Sturzangstabnahme in der Interventionsgruppe könnte dennoch auf physiologische Faktoren wie ein gesteigerte Körperwahrnehmung und Selbstvertrauen zurückführbar sein, was für einen positiven Einfluss osteopathischer Behandlungen auf die subjektive (emotional und kognitiv) Sturzangst hinweist. Aktuell liegen keine Studien vor, die den direkten Einfluss von osteopathischen Behandlungen auf die Sturzangstveränderungen untersucht haben. Allerdings konnte in einer Studie aus Toronto bei Patient_innen mit generalisierter Angststörung eine signifikante Angstverbesserung durch fünf individuelle osteopathische Behandlungen in zwei Monaten erzielt werden (Dixon et al., 2020). Insgesamt lassen diese Ergebnisse vermuten, dass osteopathische Interventionen auch bei Sturzangstreduktion, insbesondere bei älteren Menschen mit einhergehender allgemeiner Angst, hilfreich sein könnten.

5.2 Hypothesenbeantwortung

Auf Grundlage der vorliegenden Studienergebnisse muss zu diesem Zeitpunkt die Alternativhypothese verworfen werden. Die Nullhypothese wird angenommen: Die osteopathische Behandlung der Querdiaphragmen in Kombination mit einem Gleichgewichts- und Sturzpräventionstrainings zeigte bei den untersuchten geriatrischen Patient_innen keinen signifikanten Effekt in Bezug auf die posturale Stabilität und Balance-Sicherheit im Vergleich zu einem allein ausgeführten Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining.

Obwohl die osteopathische Behandlung an den Querdiaphragmen ad hoc zu keinen statistisch signifikanten Gruppenunterschied geführt hat, deuten die Resultate auf eine klinisch relevante Tendenz hin. Insbesondere Teilnehmende mit reduzierter Gleichgewichtskontrolle bzw. Testwerten unterhalb der definierten Schwellenwerte profitierten stärker von der osteopathischen Intervention. Zudem zeigte sich eine Sturzangstminimierung in der Interventionsgruppe, was auf einen möglichen positiven Einfluss der osteopathischen Behandlung schließen lässt.

5.3 Einschränkungen und Limitationen der Studie

Trotz der wertvollen Erkenntnisse, die die Studie liefert, gibt es mehrere Aspekte, die einer näheren kritischen Betrachtung bedürfen. Diese Reflexion ist sowohl in der Forschung als auch in der therapeutischen Arbeit ein zentraler Baustein.

5.3.1 Einschränkungen und Limitationen des Forschungsdesigns und der -methode

5.3.1.1 Studiendesign und Stichprobe

Als erster Punkt ist anzuführen, dass die Literaturrecherche nur Studien in den Sprachen Deutsch und Englisch beinhaltete. Es konnten aufgrund der limitierten Sprachkenntnisse keine Studien in weiteren Fremdsprachen, wie Spanisch oder Chinesisch, analysiert und inkludiert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit einer unvollständigen Literatur- und Datenanalyse.

Kritisch zu bewerten ist die überproportionale Anzahl weiblicher Teilnehmender. Sowohl in der Gesamtstichprobe als auch in den beiden Gruppen separat ist ein Überschuss an Frauen zu verzeichnen. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür könnte in der gewählten Rekrutierungsmethode liegen, bei der die Teilnahme an dem ausgeschriebenen Sturzpräventionsprogramm auf freiwilliger Basis erfolgte. Im Allgemeinen zeigen Frauen ein ausgeprägteres Gesundheitsbewusstsein als Männer und nehmen präventive Angebote sowie medizinische und nichtmedizinische Dienstleistungen und Unterstützungsangebote häufiger an als Männer (Sieverding, 2000).

Ebenso kritisch sollte die relativ geringe Stichprobengröße von 30 Teilnehmer_innen (je 15 pro Gruppe) betrachtet werden. Eine größere Proband_innenanzahl hätte die statistische Power erhöht und die Aussagekraft der Ergebnisse gestärkt. Leider trifft dieser Punkt auch auf viele andere Studien in der Osteopathie zu. Um repräsentative Studienergebnisse zu erhalten, wäre eine größere Stichprobe notwendig. Dies wäre leichter möglich, wenn Kooperationen zwischen Institutionen, welche ProbandInnen rekrutieren, und OsteopathInnen geschlossen werden könnten. Darüber hinaus wäre auch eine geregelte Finanzierungsmöglichkeit und/oder finanzielle Beihilfe im osteopathischen Forschungsbereich ratsam, um mehr qualitativ hochwertige Studien durchführen zu können.

5.3.1.2 Bias

Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden sollte, ist die Doppelrolle der Studienautorin. Sie fungierte sowohl als Studienleitung und -autorin als auch als Behandlerin. Dieser Punkt bringt das Risiko einer Verzerrung mit sich. Zur Bias-Minimierung wurden Maßnahmen implementiert, welche die Durchführung der T0- und T1-Testungen durch eine externe Person sowie die Nicht-Offenlegung der Pre-Test-Daten gegenüber der Behandlerin beinhaltete. Nichtsdestotrotz bleibt ein Restrisiko für

methodische Verzerrungen bestehen, weshalb bei einer Studienwiederholung eine klare Trennung zwischen therapeutischer und evaluativer Funktion anzustreben ist. Ebenso sollte eine Scheinintervention implementiert werden, um die Gruppenzugehörigkeit der Teilnehmer_innen zu verbilden und dadurch möglich bewusste und unbewusste Einflussnahme, beispielsweise durch vermehrtes Üben des Trainingsprogrammes und vermehrte Motivation, zu minimieren.

5.3.1.3 Methodik

Weiters ist die ausgewählte Messmethodik kritisch zu reflektieren. Zunächst ist zu nennen, dass die validen Instrumente der eingesetzten Assessment-Batterie relevante Aspekte einer adäquaten posturalen Kontrolle erfassen. Allerdings wurde kein Testverfahren für das dynamisch reaktive Gleichgewicht wie zum Beispiel der Push-and-Release-Test, eingeschlossen (Lacroix et al., 2014). Zweitens wurde im Unterschied zu anderen Interventionsstudien, die den Einfluss verschiedener osteopathischer Behandlungsmethoden auf die posturale Kontrolle untersuchten, in der vorliegenden Arbeit der Behandlungserfolg mittels etablierten, praxisnahen Assessments beurteilt. Lopez et al. (2011) und Pellini et al. (2015) nutzten eine Kraftmessplatte, um die Veränderung der COP- und COM-Verlagerung bei älteren Menschen ersichtlich und vergleichbar zu machen. Im Gegensatz zu dieser Arbeit konnte in der Pilotstudie von Lopez et al. (2011) eine leicht signifikante Verbesserung der Balancefähigkeit vor allem in der Anterior-posterior-Schwankung, nach einem viermalig angewendeten osteopathischen Behandlungsprotokoll, festgestellt werden. Ebenso konnte in der Einzelfallstudie von Pellini et al. (2015) mittels Kraftmessplatte nachgewiesen werden, dass drei osteopathische Behandlungen die posturale Stabilität bei einem älteren Menschen verändern konnten. Auch Arztmann (2019) konnte mittels einer Druckmessplatte einen positiven, stabilisierenden Effekt auf den COP durch eine osteopathische Behandlung an den vier Diaphragmen bei Erwachsenen mit Rückenschmerzen darlegen. Peleman (2019) untersuchte in ihrer Arbeit die Auswirkungen einer Reihe osteopathischer Techniken an den Querstrukturen auf die posturale Kontrolle an jungen, gesunden GymnastInnen und konnte dabei keinen signifikanten Effekt zeigen. Sie nutzte zur Messung den Y-Balance-Test und keine Kraftmessplatte. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob eine Gleichgewichtsveränderung in der Gruppe, die die Querdiaphragmenbehandlungen erhielt, durch eine andere Messmethode, mit spezifischerer Darstellung des COM/COP

und des Postural-Sway (oder wie in Kapitel 5.3.1.4 durch Interventionsveränderungen), signifikant werden würde, so wie es auch in den Studien von Lopez et al. (2011), Pellini et al. (2015) und Arzmann (2019) der Fall war.

5.3.1.4 Intervention

In Bezug auf die Wahl der Interventionstechnik ist zu berücksichtigen, dass in der vorliegenden Studie der Fokus ausschließlich auf die diaphragmalen Strukturen des Kopfes und des Rumpfes gelegt wurde. Einige AutorInnen betonen jedoch die Bedeutung der Einbeziehung weiterer Diaphragmen, insbesondere in der unteren Extremität (z. B. Fußgewölbe) und des Kiefers, der Zunge und des Hyoids, um eine ganzheitliche osteopathische Behandlung zu gewährleisten (Bordoni & Pellegrini, 2023; Huss & Wentzel, 2015). Gerade die untere Extremität kann über eine physiologische Gelenkbeweglichkeit und ausreichend Muskelkraft und -elastizität einen starken Einfluss auf die Balancefähigkeit von älteren Menschen haben (Muehlbauer et al., 2012; Reddy & Alahmari, 2016). Darüber hinaus benötigen geriatrische Patient_innen, die häufig multiple körperliche Kompensationsmechanismen entwickelt haben, möglicherweise individualisierte, auf subjektive Problemstellen abgestimmte Interventionen, um signifikante Verbesserungen der posturalen Kontrolle zu erzielen (Greenberger et al., 2012).

Schließlich ist die Interventionsdauer als Limitation zu nennen. Kurzfristige Verbesserungen der posturalen Kontrolle konnten klar dokumentiert und analysiert werden, Follow-up Testungen sind jedoch nicht gemacht worden und lassen somit keine Aussage über einen langfristigen Effekt zu.

5.3.2 Einschränkungen und Limitationen der Studienergebnisse

Bei der Interpretation der Studienergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die beobachteten Veränderungen vorwiegend statistisch nicht signifikant waren, jedoch klinisch relevante Tendenzen erkennen lassen. Dies gilt insbesondere für den AST, bei dem trotz fehlender Signifikanz zwischen den Gruppen eine deutliche Sturzrisikoreduktion der Teilnehmenden mit erhöhter Sturzneigung als klinisch relevant interpretiert wurde. Eine ähnliche Aussage lässt sich bei der Sturzangst ableiten: Obwohl keine statistische Signifikanz erreicht wurde, zeigt die Interventionsgruppe eine Sturzangstminimierung. Ebenso zeigt sich beim SBT, AST und Gehtest eine Streuungsverringerung ohne eine statistische Signifikanz zu erreichen. Diese

Unstimmigkeit zwischen statistischer und klinischer Relevanz weist auf mögliche physiologische und psychologische Effekte der osteopathischen Behandlung hin. Ebenso weisen die Ausgangswerte einiger Tests Interpretationseinschränkungen auf. Im SBT, FRT und Gehstest lagen die Baselinewerte über den kritischen Schwellenwerten für ein erhöhtes Sturzrisiko, was darauf hindeutet, dass die Teilnehmenden ein insgesamt relativ stabiles Gleichgewicht aufwiesen. Dies kann die Möglichkeit einer Darstellung von signifikanten Verbesserungen durch die Intervention reduziert haben. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass beide Gruppen in den Tests Verbesserungen zeigten, was auf einen allgemeinen positiven Effekt auf die funktionelle Mobilität und das Gleichgewicht hindeutet. Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse lässt sich nicht eindeutig bestimmen, in welchem Ausmaß das Training, die osteopathische Behandlung oder externe Faktoren wie gesteigerte Körperwahrnehmung, Motivation, Übungspensum und Tagesform die Testergebnisse beeinflusst haben.

Unter Berücksichtigung der genannten Limitationen sind die Ergebnisse mit entsprechender Zurückhaltung zu interpretieren.

5.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Osteopathie

In der vorliegenden Studie wurde erstmals der spezifische Einfluss osteopathischer Techniken an den horizontalen Querdiaphragmen auf die posturale Kontrolle geriatrischer Patient_innen untersucht. Obwohl in den getesteten Gleichgewichtsparametern keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe gefunden wurden, zeigen sich mehrere relevante osteopathische Aspekte:

Homogenisierungseffekt und Streuungsminderung durch osteopathische Behandlungen: In der Interventionsgruppe war die Standardabweichung nach der Behandlung, vor allem im Static Balance Test, im Alternate Step Test und im Gehstest, geringer, was auf eine gleichmäßigere Verbesserung der Balancefähigkeit hinweist. Dies kann als klinisch relevanter Behandlungseffekt gewertet werden, obwohl statistisch keine Signifikanz erzielt wurde.

Sturzrisikoreduktion bei vulnerablen Untergruppen: Besonders bei Proband_innen mit einem erhöhtem Sturzrisiko (AST > 10s) zeigt sich eine signifikante Verbesserung durch

die osteopathischen Techniken. Sämtliche Personen mit verbleibendem Sturzrisiko waren der Kontrollgruppe zuzuordnen. Dieses Ergebnis lässt einen potenziell praktisch-klinischen Nutzen osteopathischer Querdiaphragmenbehandlungen bei vulnerablen geriatrischen Patient_innen vermuten.

Verminderung der Sturzangst: In der Interventionsgruppe konnte ein stärkerer Rückgang der Teilnehmer_innen-Anzahl mit Sturzangst im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden – wenngleich ohne statistische Signifikanz. Dies deutet auf eine mögliche angstlösende Wirkung osteopathischer Interventionen hin, welche bislang nur wenig erforscht wurde, aber eine mögliche therapeutische Relevanz aufzeigt.

Ganzheitlicher Behandlungsansatz: Die Studie zeigt, dass Behandlungen an den horizontalen Diaphragmen allein möglicherweise nicht ausreichen, um die posturale Kontrolle bei älteren Menschen signifikant zu verbessern. Dies stützt die osteopathische Annahme, dass ein ganzheitliches Konzept unter Einbeziehung weiterer funktioneller Strukturen (z. B. Fußgewölbe, Kiefer, Zunge) sinnvoll ist.

Hinweis auf die Messmethodik als begrenzender Faktor: Studien mit Kraftmessplatten konnten Effekte osteopathischer Behandlungen auf die posturale Kontrolle nachweisen. Die vorliegende Studie nutze funktionelle Tests – möglicherweise hätten instrumentelle Messverfahren differenziertere Effekte sichtbar machen können.

6 Zusammenfassung und Schlussbetrachtung

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen einer Reihe osteopathischer Behandlungen der Querdiaphragmen auf das posturale Gleichgewicht bei gesunden geriatrischen Patient_innen zu evaluieren. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte kein signifikanter Gruppenunterschied hinsichtlich der Gleichgewichtsparameter festgestellt werden. Die osteopathischen Techniken an den Querdiaphragmen in Kombination mit einem aktiven Sturzpräventionsprogramm zeigen keinen signifikant überlegenen Effekt auf die Verbesserung der posturalen Kontrolle bei geriatrischen Menschen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Auch wenn keine Signifikanz nachgewiesen werden konnte, liefern die Ergebnisse wichtige Impulse für die osteopathische Forschung und Praxis. Insbesondere die Beobachtung, dass die Behandlung an den Querdiaphragmen für die vulnerablen Subgruppen (Personen mit initial erhöhtem Sturzrisiko) klinisch relevant sein könnte, ist

eine wertvolle Erkenntnis. Ebenso ist die mögliche Sturzangstminimierung in der Interventionsgruppe ein interessantes sekundäres Ergebnis.

Im Hinblick auf die zukünftigen Studien wäre die Berücksichtigung der gefundenen Erkenntnisse essenziell. Die Ergebnisse legen nahe, dass osteopathische Interventionen an den Querdiaphragmen insbesondere bei geriatrischen PatientInnen mit initial erhöhtem Sturzrisiko sowie erhöhter Sturzangst einen potenziell praktisch-relevanten Effekt auf das Gleichgewicht und das subjektive Balance- und Gangsicherheitsempfinden haben könnten.

Für künftige Studien ergibt sich daraus ein mehrfacher Forschungsbedarf.

Zum einen wäre eine größere und repräsentativere Stichprobe wünschenswert, um die Aussagekraft, die Generalisierbarkeit und die Signifikanz der Ergebnisse zu erhöhen. Idealerweise sollten dabei mehrere Einrichtungen einbezogen und überregionale Kooperationen initiiert werden.

Zum anderen wäre eine Erweiterung der osteopathischen Intervention sinnvoll, indem zusätzlich zu den behandelten Querdiaphragmen weitere gleichgewichtsrelevante Strukturen, wie das Fußgewölbe, das Kiefer-Zungen-Hyoid-System sowie artikulare Verbindungen und myofasziale Ketten, in die Intervention einbezogen werden, um den ganzheitlichen osteopathischen Ansatz besser abzubilden.

Weiters wäre die Verwendung instrumenteller Messverfahren zu integrieren, um die subtile Veränderung der posturalen Stabilität und Kontrolle objektiver erfassen zu können. Daher sollten künftige Untersuchungen vermehrt auf sensitive Messinstrumente wie Kraftmessplatten zurückgreifen.

Zuletzt wäre es sinnvoll, Subgruppen differenzierter zu untersuchen. Die Ergebnisse sprechen dafür, in zukünftigen Studien verstärkt differenzierte Analysen nach Sturzrisikoprofil, funktionellem Ausgangsniveau und psychischem Zustand der Patient_innen vorzunehmen, um therapeutische Effekte spezifischer zu erfassen.

Zusammenfassend ist die Evidenzlage zur Wirksamkeit osteopathischer Querdiaphragmenbehandlungen im Bereich der Geriatrie und Sturzprävention derzeit noch begrenzt. Die vorliegende Studie liefert jedoch wichtige Grundlagen und methodische Anknüpfungspunkte für die weiterführende Forschung in diesem klinisch hochrelevanten Bereich.

LITERATURVERZEICHNIS

- Alexander, N. B. (1994). Postural Control in Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(1), 93–108. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1994.tb06081.x>
- Alkady, E. A. M., Abdelaziz, M. M., Abdelwahed, D., & Mahran, S. A. (2021). Falls in Rheumatoid Patients: Does Ankle and Foot Ultrasonography have a Predictive Role? A Single-blind Study. *Aktuelle Rheumatologie*, 46(04), 406–415. <https://doi.org/10.1055/a-1353-4415>
- Antwerpes, F. (2021). DocCheck Flexikon—Occipitallappen. In *DocCheck Flexikon*. <https://flexikon.doccheck.com/de/Okzipitallappen>
- Arztmann, A. (2019). *Einfluss einer osteopathischen Behandlung der vier Diaphragmen des Rumpfes nach Zink auf die Bewegungen des Center of pressure von Personen mit Rückenbeschwerden* [Masterthesis, Donau-Universität Krems]. <https://www.osteopathic-research.com/files/original/4decab691779896fc97d964769dd531792416d5b.pdf>
- Balzer, K., Bremer, M., Schramm, S., Lühmann, D., & Raspe, H. (2012). Sturzprophylaxe bei älteren Menschen in ihrer persönlichen Wohnumgebung. In *Schriftenreihe Health Technology Assessment (HTA) in der Bundesrepublik Deutschland; 116; ISSN 1861-8863* [Application/pdf]. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. <https://doi.org/10.3205/HTA000099L>
- Blake, A. J., Morgan, K., Bendall, M. J., Dallosso, H., Ebrahim, S. B. J., Arie, T. H. D., Fentem, P. H., & Basse, E. J. (1988). FALLS BY ELDERLY PEOPLE AT HOME: PREVALENCE AND ASSOCIATED FACTORS. *Age and Ageing*, 17(6), 365–372. <https://doi.org/10.1093/ageing/17.6.365>
- Bordoni, B. (2020). The Five Diaphragms in Osteopathic Manipulative Medicine: Myofascial Relationships, Part 1. *Cureus*, 12(4), e7794. <https://doi.org/10.7759/cureus.7794>
- Bordoni, B., Morabito, B., & Simonelli, M. (2020). Ageing of the Diaphragm Muscle. *Cureus*, 12(1). <https://doi.org/10.7759/cureus.6645>
- Bordoni, B., & Pellegrini, M. V. (2023, März 15). *Osteopathic Manipulative Treatment: 5 Diaphragm Procedure*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567797/>

- Bordoni, B., & Zanier, E. (2013). Anatomic connections of the diaphragm: Influence of respiration on the body system. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 6, 281–291. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S45443>
- Bordoni, B., & Zanier, E. (2014). Clinical and symptomatological reflections: The fascial system. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 7, 401-411. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S68308>
- Bordoni, B., & Zanier, E. (2015). The Continuity of the Body: Hypothesis of Treatment of the Five Diaphragms. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 21(4), 237–242. <https://doi.org/10.1089/acm.2013.0211>
- Bürge, E., Spirgi-Gantert, I., & Suppé, B. (2013). Dynamische Stabilisierung der Brustwirbelsäule/potenzielle Beweglichkeit des Beckens. In *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Ballübungen* (5. Aufl., S. 43–46). Springer; https://doi.org/10.1007/978-3-642-22070-8_4.
- Buscemi, A., Cannatella, M., Lutrario, P., Rapisarda, A., Di Gregorio, G., & Coco, M. (2017). Effects of Osteopathic Treatment on Postural Equilibrium Evaluated through a Stabilometric Platform: A Randomized and Controlled Study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(18), 1-7. <https://doi.org/10.3390/jfmk2020018>
- Carvalho, A. R., de Ré, D., Lam, D., Cunha, D. M., Sena, I. B., & Bertolini, G. R. F. (2013). Efeito imediato da manipulacao osteopática tibiotársica no equilibrio de mulheres jovens. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 35(2), 455-467.
- Corts, M. (2019). *Anatomie für Osteopathen*. Thieme.
- Cuevas-Trisan, R. (2019). Balance Problems and Fall Risks in the Elderly. *Clinics in Geriatric Medicine*, 35(2), 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.01.008>
- Davison, J., Bond, J., Dawson, P., Steen, I. N., & Kenny, R. A. (2005). Patients with recurrent falls attending Accident & Emergency benefit from multifactorial intervention—A randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 34(2), 162–168. <https://doi.org/10.1093/ageing/afi053>
- Deandrea, S., Lucenteforte, E., Bravi, F., Foschi, R., La Vecchia, C., & Negri, E. (2010). Risk Factors for Falls in Community-dwelling Older People: A Systematic Review and Meta-analysis. *Epidemiology*, 21(5), 658–668. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181e89905>
- Dick, J., & Mayer-Fally, E. (2014). *Viscerale Techniken 1_ Diaphragma Techniken* [Skriptum]. Wiener Schule für Osteopathie.

- Dixon, L., Fotinos, K., Sherifi, E., Lokuge, S., Fine, A., Furtado, M., Anand, L., Liberatore, K., & Katzman, M. A. (2020). Effect of Osteopathic Manipulative Therapy on Generalized Anxiety Disorder. *Journal of Osteopathic Medicine*, *120*(3), 133–143. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2020.026>
- Dziechciaż, M., & Filip, R. (2014). Biological psychological and social determinants of old age: Bio-psycho-social aspects of human aging. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, *21*(4), 835–838. <https://doi.org/10.5604/12321966.1129943>
- Engel-Schulmeyer, A. (2022). *Viscerale Techniken 08: Perineum und Uterus* [Skriptum]. Wiener Schule für Osteopathie.
- Fernández, I. S., Goodkin, H. P., & Scott, R. C. (2019). Pathophysiology of convulsive status epilepticus. *Seizure*, *68*, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2018.08.002>
- Faul F., Erdfelder E., Lang A., Buchner A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavioral Research Methods*, *39*(2), 175-191.
- Fischer, I. D., Krauss, M. J., Dunagan, W. C., Birge, S., Hitcho, E., Johnson, S., Costantinou, E., & Fraser, V. J. (2005). Patterns and Predictors of Inpatient Falls and Fall-Related Injuries in a Large Academic Hospital. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, *26*(10), 822–827. <https://doi.org/10.1086/502500>
- Fraix, M. (2010). Osteopathic manipulative treatment and vertigo: A pilot study. *PM & R*, *2*(7), 612-618. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.04.001>
- Fraix, M. (2012). Role of the Musculoskeletal System and the Prevention of Falls. *JAOA - The Journal of American Osteopathic Association*, *112*(1), 17–21.
- Fraix, M., Gordon, A., Graham, V., Hurwitz, E., & Seffinger, M. A. (2013). Use of the SMART Balance Master to quantify the effects of osteopathic manipulative treatment in the patients with dizziness. *JAOA - The Journal of American Osteopathic Association*, *113*(5), 394-403. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2013.113.5.394>
- Freiberger, E., Blank, W. A., Salb, J., Geilhof, B., Hentschke, C., Landendoerfer, P., Halle, M., & Siegrist, M. (2013). Effects of a complex intervention on fall risk in the general practitioner setting: A cluster randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, *8*, 1079–1088. <https://doi.org/10.2147/CIA.S46218>

- Fukuoka, Y., Tanaka, K., Ishida, A., & Minamitani, H. (1999). Characteristics of visual feedback in postural control during standing. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 7(4), 427–434. <https://doi.org/10.1109/86.808946>
- Füsgen, I., Baltissen, R., & Deimling, G. (2000). Altern. In *Der ältere Patient. Problemorientierte Diagnostik und Therapie*. (3. Aufl., 1-753). Urban & Fischer.
- Gehrmann, D. I. T. (2015). *Manual Osteopathy for Management of Falls and Improvement of Movement Disorders in the Elderly* [Dissertation]. National University of Medical Sciences (NUMSS). [https://www.numss.com/thesis/thesis dr irmina toledo.pdf](https://www.numss.com/thesis/thesis%20irmina%20toledo.pdf)
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Zahner, L. (2011). Kraft und posturale Kontrolle im Alter: Auswirkungen von Training. In *Kräftig altern: Die positiven Effekte von Muskeltraining in der 3. Lebensphase* (1. Aufl., S. 7–30). Karlsruhe: Health and Beauty Business Media. <https://kommunikation.uni-freiburg.de/pm/2011/studie-sport-im-alter-gollhofer-granacher.pdf>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011). An Intergenerational Approach in the Promotion of Balance and Strength for Fall Prevention – A Mini-Review. *Gerontology*, 57(4), 304–315. <https://doi.org/10.1159/000320250>
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gschwind, Y., Pfenninger, B., & Kressig, R. (2013). Assessment and training of strength and balance for fall prevention in the elderly: Recommendations of an interdisciplinary expert panel. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 47, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00391-013-0509-5>
- Greenberger, H. B., Beissner, K., & Jewell, D. V. (2012). Patient Age Is Related to the Types of Physical Therapy Interventions Provided for Chronic Low Back Pain: An Observational Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(11), 902–911. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4147>
- Gschwind, Y. J., Kressig, R. W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: Study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 13(105), <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-105>
- Gulich, M. (2004). Die neue DEGAM-Leitlinie: „Ältere Sturzpatienten“. *Zeitschrift für Allgemeine Medizin*, 80, 416–420. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820396>

- Hodges, P. W., Butler, J. E., McKenzie, D. K., & Gandevia, S. C. (1997). Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *The Journal of Physiology*, *505*(2), 539–548. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1997.539bb.x>
- Hodges, P. W., & Gandevia, S. C. (2000). Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *The Journal of Physiology*, *522*(1), 165–175. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00165.xm>
- Hodges, P. W., Gurfinkel, V. S., Brumagne, S., Smith, T. C., & Cordo, P. C. (2002). Coexistence of stability and mobility in postural control: Evidence from postural compensation for respiration. *Experimental Brain Research*, *144*(3), 293–302. <https://doi.org/10.1007/s00221-002-1040-x>
- Hodges, P. W., Sapsford, R., & Pengel, L. H. M. (2007a). Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*, *26*(3), 362–371. <https://doi.org/10.1002/nau.20232>
- Hodges, P. W., Sapsford, R., & Pengel, L. H. M. (2007b). Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and Urodynamics*, *26*(3), 362–371. <https://doi.org/10.1002/nau.20232>
- Höhnle, S. (2024). *Osteopathic treatment of elderly persons* [Masterthesis, Metropolia University of Applied Sciences]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/855393/Hoehnle_Sanna.pdf;jsessionid=808B8E2089228F3CF540D656CBA5F1C3?sequence=4
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing*, *35*(2), 7–11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
- Huang, H.-C., Gau, M.-L., Lin, W.-C., & George, K. (2003). Assessing Risk of Falling in Older Adults. *Public Health Nursing*, *20*(5), 399–411. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1446.2003.20508.x>
- Huber, M. (2014). Multidimensionaler Behandlungsansatz in einer evidenzorientierten, technikübergreifenden - Neurophysiotherapie. *pt_Zeitschrift für Physiotherapeuten*, *66*, 1–12. https://s32b9a67a9f58f2d7.jimcontent.com/download/version/1527270992/module/12642766431/name/posturale%20Kontrolle_Martin%20Huber.pdf
- Huber, M. (2016). Posturale Kontrolle – Grundlagen. *neuroreha*, *08*(04), 158–162. <https://doi.org/10.1055/s-0042-118059>

- Huss, S., & Wentzel, B. (2015). *Diaphragmen und die Zirkulation—Fasziale Aspekte und Anwendung in Osteopathie und Yoga* (1. Aufl.). Karl F. Haug.
- Ivanenko, Y., & Gurfinkel, V. S. (2018). Human Postural Control. *Frontiers in Neuroscience*, 12(171). <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00171>
- Jansenberger, H. (2011). *Sturzprävention in Therapie und Training* (1. Aufl.). Thieme.
- Jansenberger, H., & Mairhofer, S. (2023). *Trittsicher und aktiv*. Österreichische Gesundheitskasse.
- Jansenberger, H., & Wetzelhütter, D. (2016). Validierung einer Testbatterie (Sturzrisiko-Index) zur Unterscheidung zwischen gestürzten und nicht gestürzten Personen und zur Identifizierung von durch Training modifizierbaren Parametern bei selbstständig lebenden und betreut/betreubar lebenden Senioren. *physioscience*, 12(03), 100–109. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1567117>
- Jones, D., Fryer, G., Vaughan, B., & McLaughlin, P. (2004). *The Effect of Osteopathic Manipulative Therapy Applied to the Lumbar Spine on Postural Stability: A Pilot Study* [Masterthese, Victoria University]. https://vuir.vu.edu.au/835/1/Jones_et.al_2004.pdf
- Kaufmann, N., Paturel, M., & Waldburger, Y. (2007). *Absolute und relative Kontraindikationen für eine unmittelbare osteopathische Behandlung*. https://www.gdk-cds.ch/fileadmin/docs/public/gdk/themen/gesundheitsberufe/osteopathie/Kontraindikationenkatalog_de.pdf
- Kaur, H., & Chhabra, C. (2024). Optimising Therapeutic Benefits: Suboccipital Muscle Inhibition Technique for Enhanced Balance and Alleviation of Pain Intensity in Individuals with Chronic Neck Pain. *Chettinad Health City Medical Journal*, 13(01), 81–86. <https://doi.org/10.24321/2278.2044.202414>
- Khazaei, A. A., Yousefi, B., & Kahrizi, N. (2014). The effect of selected Hatha Yoga and pranayama exercise on motor and cognitive function in elderly women. *Science Research Publications*, 4, 547–553. https://jrrs.mui.ac.ir/article_16821.html
- Knuchel, S., & Schädler, S. (2004). Drei Systeme in der Balance: Differenzialtests bei Gleichgewichtsstörungen. *physiopraxis*, 2(11/12), 28–31. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1307709>
- Kocjan, J., Gzik-Zroska, B., Nowakowska, K., Burkacki, M., Suchoń, S., Michnik, R., Czyżewski, D., & Adamek, M. (2018). Impact of diaphragm function parameters on

balance maintenance. *PLOS ONE*, 13(12), 1-14.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208697>

- Kristjansson, E., & Treleaven, J. (2009). Sensorimotor Function and Dizziness in Neck Pain: Implications for Assessment and Management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(5), 364–377. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2834>
- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S., & Gruber, M. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>
- Lacroix, A., Kressig, R. W., Mühlbauer, T., Brügger, O., & Granacher, U. (2016). Effekte eines Sturzpräventionstrainings - Wirkungsnachweis eines «Best-Practice-Modells» auf intrinsische Sturzrisikofaktoren bei gesunden älteren Personen. *bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung*, 1–20. <https://www.bfu.ch/de/die-bfu/doi-desk/10-13100-bfu-2-272-01>
- Lechleitner, M. (2007). Der geriatrische Patient. *österreichische Ärztezeitung*, 34–41. <https://studylibde.com/doc/1603615/der-geriatrische-patient---österreichische-ärztezeitung>
- Lechleitner, M. (2022). Komplexe altersassoziierte Veränderungen führen beim geriatrischen Patienten generell zu einem erhöhten Risiko für Erkrankungen. Von zentraler Bedeutung sind u.a. Die erhöhte Vulnerabilität gegenüber nephrotoxischen Einflüssen, Altersanorexie und Immunoseneszenz. Von klinischer Bedeutung ist die beeinträchtigte Thermoregulation, weswegen eine febrile Reaktion im Rahmen eines Infekts ausbleibt. *Österreichische Ärztezeitung*, 11, 26–32. https://aerztezeitung.at/wp-content/uploads/2022/06/State_Der-geriatrische-Patient_Lechleitner_OEAEZ-11_10.6.2022.pdf
- Lelard, T., & Ahmaidi, S. (2015). Effects of physical training on age-related balance and postural control. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 45(4–5), 357–369. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.008>
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Mühlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721–1738. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0375-y>
- Liem, T. (2018). *Kraniosacrale Osteopathie—Ein praktisches Lehrbuch* (7. Aufl.). Thieme.

- Lopez, D., King, H. H., Knebl, J. A., Kosmopoulos, V., Collins, D., & Patterson, R. M. (2011). Effects of Comprehensive Osteopathic Manipulative Treatment on Balance in Elderly Patients: A Pilot Study. *Journal of Osteopathic Medicine*, 111(6), 382–388. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2011.111.6.382>
- Lublin, F. D., Häring, D. A., Ganjgahi, H., Ocampo, A., Hatami, F., Čuklina, J., Aarden, P., Dahlke, F., Arnold, D. L., Wiendl, H., Chitnis, T., Nichols, T. E., Kieseier, B. C., & Bermel, R. A. (2022). How patients with multiple sclerosis acquire disability. *Brain*, 145(9), 3147–3161. <https://doi.org/10.1093/brain/awac016>
- Massery, M. (2006). Multisystem Consequences of Impaired Breathing Mechanics and/or Postural Control. In *Cardiovascular and pulmonary physical therapy evidence and practice* (4. Aufl., S. 695–718). Elsevier Health Science.
- Massion, J. (1992). Movement, posture and equilibrium: Interaction and coordination. *Progress in Neurobiology*, 38(1), 35–56. [https://doi.org/10.1016/0301-0082\(92\)90034-C](https://doi.org/10.1016/0301-0082(92)90034-C)
- Matsumura, B. A., & Ambrose, A. F. (2006). Balance in the Elderly. *Clinics in Geriatric Medicine*, 22(2), 395–412. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2005.12.007>
- Mergner, T., Maurer, C., & Peterka, R. J. (2003). A multisensory posture control model of human upright stance. In *Progress in Brain Research* (Bd. 142, S. 189–201). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(03\)42014-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(03)42014-1)
- Mihal'ová, M., Hagovská, M., Oravcová, K., Martinásková, N., Grus, C., & Švihra, J. (2022). Pelvic floor muscle training, the risk of falls and urgency urinary incontinence in older women. *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 55(1), 51–60. <https://doi.org/10.1007/s00391-021-01942-3>
- Miyachi, R., Madokoro, S., Ohno, N., Miyati, T., & Yamazaki, T. (2022). Relationship between pelvic floor muscle function and changes in lumbar spine and hip motion due to pelvic floor muscle contraction. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 36(3), <https://doi.org/10.3233/BMR-220240>
- Morris, D. M. (2008). *An Evaluation Of Yoga For The Reduction Of Fall Risk Factors In Older Adults*. [Dissertation, Florida State University]. <https://repository.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu:180479>
- Muehlbauer, T., Besemer, C., Wehrle, A., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2012). Relationship between Strength, Power and Balance Performance in Seniors. *Gerontology*, 58(6), 504–512. <https://doi.org/10.1159/000341614>

- Myers, T. (2015). *Anatomy Trains—Myofasziale Leitbahnen für Manual- & Bewegungstherapeuten* (3. Aufl.). Elsevier.
- Noll, D. R. (2013). Management of Falls and Balance Disorders in the Elderly. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 113(1), 17-22. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23329802/>
- Osoba, M. Y., Rao, A. K., Agrawal, S. K., & Lalwani, A. K. (2019). Balance and gait in the elderly: A contemporary review. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 4(1), 143–153. <https://doi.org/10.1002/lio2.252>
- Paoletti, S. (2011). *Faszien—Anatomie, Strukturen, Techniken, Spezielle Osteopathie* (2. Aufl.). Elsevier.
- Papalia, G. F., Papalia, R., Diaz Balzani, L. A., Torre, G., Zampogna, B., Vasta, S., Fossati, C., Alifano, A. M., & Denaro, V. (2020). The Effects of Physical Exercise on Balance and Prevention of Falls in Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2595. <https://doi.org/10.3390/jcm9082595>
- Patla, A. (1990). Assessment of balance control in the elderly: Major issues. *Physiotherapy Canada*, 42(2), 89–97. <https://doi.org/10.3138/ptc.42.2.089>
- Peleman, L. (2019). *Postural balance and gymnastics. An osteopathic approach. Research as to the immediate effect of a set of osteopathic techniques on the postural balance of gymnasts: a randomized, double blind, placebo controlled, clinical trial.* [Dissertation,. Fladers International College of Osteopathy].
- Pellerin, F., Papin-Richard, E., Guiheneuc, P., Niel, S., & Guihard, G. (2015). Can osteopathic manipulative treatment modify the posture in elderly people? A Single-case study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(3), 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.06.002>
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *Journal of Neurophysiology*, 88(3), 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- Peterka, R. J. (2003). Simplifying the complexities of maintaining balance. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 22(2), 63–68. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1195698>
- Peters, D. M., Fritz, S. L., & Krotish, D. E. (2013). Assessing the Reliability and Validity of a Shorter Walk Test Compared With the 10-Meter Walk Test for Measurements of Gait Speed in Healthy, Older Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 36(1), 24-30. <https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e318248e20d>

- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402–406. <https://doi.org/10.1191/0269215500cr342oa>
- Pope, R. E. (2003). The Common Compensatory Pattern: Its Origin and Relationship to the Postural Model. *The American Academy Osteopath Journal*, 14(4), 19–40.
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651–1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Reddy, R. S., & Alahmari, K. A. (2016). Effect of Lower Extremity Stretching Exercises on Balance in Geriatric Population. *International Journal of Health Sciences*, 10(3), 371–377. <https://doi.org/10.12816/0048733>
- Rossiter-Fornoff, J. E., Wolf, S. L., Wolfson, L. I., Buchner, D. M., & FICSIT Group. (1995). A Cross-sectional Validation Study of the FICSIT Common Data Base Static Balance Measures. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50A(6), 291–297. <https://doi.org/10.1093/gerona/50A.6.M291>
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 35(2), 37–41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl084>
- Schädler, S. (2007). Assessment: Berg Balance Scale Ein aufschlussreicher Test fürs Gleichgewicht. *Phyiopraxis*, 11–12, 20–41. [https:// stefan-schaedler.ch/wp-content/uploads/2014/11/Assessment-Berg-Balance-Scale-Schädler-2007.pdf](https://stefan-schaedler.ch/wp-content/uploads/2014/11/Assessment-Berg-Balance-Scale-Schädler-2007.pdf)
- Schlee, S., & Freiberger, E. (2016). Sturz im Alter und seine Folgen - Der Anfang vom Ende?. *Ars Medici Dossier, Schweizer Zeitschrift für Hausarztmedizin*, 11, 32–35. [https:// www.rosenfluh.ch/arsmedici-2016-11/sturz-im-alter-und-seine-folgen](https://www.rosenfluh.ch/arsmedici-2016-11/sturz-im-alter-und-seine-folgen)
- Schötta, M. (2020). *Viscerale Techniken 01: Einführung, Diaphragma*. Wiener Schule für Osteopathie.
- Sendín, F. A., de las Penas, C. F., del Rey, M. S., & Vallejo, F. J. M. (2009). Immediate effects of bilateral manipulation of talocrural joints an standing stability in healthy subjects. *Manual Therapy*, 14(1), 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.05.001>
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2000). Attentional demands and postural control: The effect of sensorycontext. *The Journals of Gerontology Series A: Biological*

Sciences and Medical Sciences, 55(1), M10–M16.
<https://doi.org/10.1093/gerona/55.1.M10>

- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Van Ooteghem, K., Straus, S. E., & Jaglal, S. B. (2015). Using the Systems Framework for Postural Control to Analyze the Components of Balance Evaluated in Standardized Balance Measures: A Scoping Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(1), 122-132.e29. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.06.021>
- Sieverding, M. (2000). Risikoverhalten und präventives Verhalten im Geschlechtervergleich: Ein Überblick. *Zeitschrift für Medizinische Psychologie*, 7–16. <https://www.researchgate.net/publication/255660566>
- Singh, A. P., Kumar, K. L., & Reddy, C. M. P. K. (2012). Psychiatric Morbidity in Geriatric Population in Old Age Homes and Community: A Comparative Study. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 34(1), 39–43. <https://doi.org/10.4103/0253-7176.96157>
- Sousa, A. S. P., Silva, A., & Tavares, J. M. R. S. (2012). Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: A review. *Somatosensory & Motor Research*, 29(4), 131–143. <https://doi.org/10.3109/08990220.2012.725680>
- Statistik Austria. (2024). *Demographisches Jahrbuch 2023* (1. Aufl.). Verlag Österreich GmbH. https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/Demo-JB-2023_Web-barrierefrei.pdf
- Stephens, R. J., Haas, M., Moore, W. L., Emmil, J. R., Sipress, J. A., & Williams, A. (2017). Effects of Diaphragmatic Breathing Patterns on Balance: A Preliminary Clinical Trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 40(3), 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.01.005>
- Tatum, N. G., Bradley, R. C., & Igel, C. (2011). Therapeutic Yoga to Improve Balance and Floor Transfer in Older Adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 27(2), 134–141. <https://doi.org/10.1097/TGR.0b013e31821bff1d>
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55–63. <https://www.kup.at/kup/pdf/11532.pdf>
- Thomas, J. I., & Lane, J. V. (2005). A Pilot Study to Explore the Predictive Validity of 4 Measures of Falls Risk in Frail Elderly Patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1636–1640. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.03.004>

- Tiedemann, A., Shimada, H., Sherrington, C., Murray, S., & Lord, S. (2008). The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age and Ageing*, 37(4), 430–435. <https://doi.org/10.1093/ageing/afn100>
- Tinetti, M. E. (2003). Preventing Falls in Elderly Persons. *New England Journal of Medicine*, 348(1), 42–49. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp020719>
- Vaillant, J., Rouland, A., Martigné, P., Braujou, R., Nissen, M. J., Caillat-Miousse, J.-L., Vuillerme, N., Nougier, V., & Juvin, R. (2009). Massage and mobilization of the feet and ankles in elderly adults: Effect on clinical balance performance. *Manual Therapy*, 14(6), 661–664. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.03.004>
- Veloso, C. F., Silveira, A. F. da, Garcia, M. V., & Romero, C. A. P. (2016). Osteopathic Manipulation Treatment on postural balance: A systematic review. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*, 1–4. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2016.14.352>
- Vestibular Disorders Association (2020), *The Human Balance System: A Complex Coordination of Central and Peripheral Systems*. https://vestibular.org/wp-content/uploads/2024/10/Human-Balance-System_36_cobranded.pdf
- von Büdingen, H. J. (2025). Was sind neuropsychologische Symptome und neuropsychologische Störungen? [*Deutsche Schlaganfallbegleitung (DSB) gGmbH – eine Gesellschaft der Björn Steiger Stiftung*]. www.schlaganfallbegleitung.de. https://schlaganfallbegleitung.de/folgen/neuropsychologische-symptome?utm_source=chatgpt.com
- Weiner, D. K., Duncan, P. W., Chandler, J., & Studenski, S. A. (1992). Functional Reach: A Marker of Physical Frailty. *Journal of the American Geriatrics Society*, 40(3), 203–207. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1992.tb02068.x>
- Winter, D. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- World Health Organisation. (2025). *Ageing and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Zhuang, J., Huang, L., Wu, Y., & Zhang, Y. (2014). The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 131–140. <https://doi.org/10.2147/CIA.S56682>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Das Gleichgewichtskontrollsystem	10
Abbildung 2: Zusammenfassung intrinsischer und extrinsischer Sturzrisikofaktoren ..	14
Abbildung 3: schematischer Studienablauf.....	33
Abbildung 4: allg. Altersverteilung.....	40
Abbildung 5: Geschlechterverteilung und Gruppenzugehörigkeit.....	41
Abbildung 6: Altersverteilung der Gruppen.....	41
Abbildung 7: Sturzereignisse.....	42
Abbildung 8: Sturzangst innerhalb und im Vergleich der Gruppen zu T0.....	43
Abbildung 9: Sturzangst innerhalb und im Vergleich der Gruppe zu T1.....	43
Abbildung 10: Static Balance Test zu T0 und T1 in den Gruppen.....	45
Abbildung 11: Functional Reach Test zu T0 und T1 in den Gruppen.....	46
Abbildung 12: Alternate Step Test zu T0 und T1 in den Gruppen.....	48
Abbildung 13: erhöhte Sturzgefahr lt. AST-Interpretation.....	49
Abbildung 14: Gehstest zu T0 und T1 in den Gruppen.....	50

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Querdiaphragmen und anatomische Übergangszonen	18
Tabelle 2: Ergebnisse der gefundenen Artikel von Veloso et al (2016).....	24-25
Tabelle 3: Auflistung der genutzten Balance-Assessments.....	30
Tabelle 4: Baselinewerte Static Balance Test	44
Tabelle 5: Endwerte Static Balace Test.....	44
Tabelle 6: Baselinewerte Functional Reach Test.....	45
Tabelle 7: Endwerte Functional Reach Test.....	45
Tabelle 8: Baselinewerte Alternate Step Test.....	46
Tabelle 9: Baselinewerte erhöhtes Sturzrisiko lt. Alternate Step Test.....	47
Tabelle 10: Endwerte Alternate Step Test.....	47
Tabelle 11: Endwerte erhöhtes Stursrisiko lt. Alterante Step Test.....	48
Tabelle 12: Baselinewerte Gehtest.....	49
Tabelle 13: Endwerte Gehtest.....	49

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADL	Aktivitäten des täglichen Lebens
AST	Alternate Step Test
COM	Center of Mass
COP	Center of Pressure
FRT	Functional Reach Test
IG	Interventionsgruppe
ISG	Iliosacralgelenk
IQR	Interquartilabstand
KG	Kontrollgruppe
KSP	Körperschwerpunkt
MW	Mittelwert
MWU-Test	Mann-Whitney-U-Test
OAA	Obere Kopfgelenke; Occiput-Atlas & Atlas-Axis
RCT	randomisierte kontrollierte Studie
SBT	Static Balance Test
SD	Standardabweichung, standard deviation
WHO	World Health Organisation
ZNS	Zentrales Nervensystem

ANHANG

ANHANG A - PatientInneninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme PatientInneninformation¹ und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der klinischen Studie

Der Effekt von osteopathischen Techniken an den Querdiaphragmen zusätzlich zu einem konventionellen Gleichgewichts- & Sturzpräventionstraining auf die posturale Stabilität & Balance-Sicherheit beim geriatrischen Menschen (Vollständiger Titel der klinischen Studie)

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein an der oben genannten klinischen Studie teilzunehmen. Die Aufklärung darüber erfolgt in einem ausführlichen Gespräch mit der Studienleitung.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Ihre medizinische Betreuung.

Klinische Studien sind notwendig, um verlässliche neue medizinische Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer klinischen Studie ist jedoch, dass Sie Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser klinischen Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit Ihrem Arzt sorgfältig durch und zögern Sie nicht Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur

- wenn Sie Art und Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden haben,
- wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und
- wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren sind.

1. Was ist der Zweck der klinischen Studie?

Der Zweck dieser klinischen Studie ist es, festzustellen welchen Einfluss osteopathische Techniken an den horizontal/quer verlaufenden Körperstrukturen zusätzlich zu einem

¹ Wegen der besseren Lesbarkeit wird im weiteren Text zum Teil auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Personenbegriffe verzichtet. Gemeint und angesprochen sind – sofern zutreffend – immer beide Geschlechter.

Gleichgewichts- und Sturzpräventionstrainings auf das Gleichgewicht bei Personen über 65 Jahren haben.

2. Wie läuft die klinische Studie ab?

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie wird voraussichtlich insgesamt 12 Wochen dauern und insgesamt werden ungefähr 30 Personen daran teilnehmen.

Folgende Maßnahmen werden ausschließlich aus Studiengründen durchgeführt:

Während dieser klinischen Studie werden innerhalb von 12 Wochen die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 12-mal Gleichgewichts- und Sturzpräventionstraining in der Gruppe in einem Turnsaal – 1x/Woche für jeweils 50 Minuten
- 3 osteopathische Behandlungen an den Querstrukturen ihres Körpers innerhalb von 12 Wochen in der Praxis Physos Probst, Hauptplatz 5, 8262 Ilz

Die Einhaltung der Besuchstermine, einschließlich der Anweisungen der Studienleitung ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg dieser klinischen Studie.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Klinischen Studie?

Es ist möglich, dass Sie durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie keinen direkten gesundheitlichen Nutzen ziehen, jedoch hilft ihre Teilnahme dem Erkenntnisgewinn für die medizinische Wissenschaft und der besseren therapeutischen Betreuung späterer PatientInnen. Es sollen weitere Behandlungs-, Therapie- und Präventionsansätze gefunden werden um eine bessere, individuelle Betreuung der geriatrischen Bevölkerung zu ermöglichen.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Es kann durch die im Rahmen dieser klinischen Studie durchgeführten Maßnahmen zu Therapie- und Trainingsreaktionen und leichten Beschwerden wie zum Beispiel Muskelkater und leichten Muskel-/Bindegewebsschmerzen kommen.

5. Hat die Teilnahme an der klinischen Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

- Zeitlicher Aufwand:

wöchentlicher Zeitaufwand von 50 Minuten für das Training

alle 2 Wochen 30-45 Minuten für die osteopathischen Behandlungen an den Querdiaphragmen

Anfahrt zur Praxis / Turnsaal

→ daher kann von einem relativ geringen Zeitaufwand ausgegangen werden

6. Was ist zu tun beim Auftreten von Symptomen, Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Verlauf der klinischen Studie irgendwelche Symptome oder Begleiterscheinungen auftreten, müssen Sie diese der Studienleitung mitteilen, bei schwerwiegenden Begleiterscheinungen umgehend auch einem Arzt.

7. Wann wird die klinische Studie vorzeitig beendet?

Sie können jederzeit auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der klinischen Studie ausscheiden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile für Ihre weitere medizinische Betreuung entstehen.

Die Studienleitung wird Sie über alle neuen Erkenntnisse, die in Bezug auf diese klinische Studie bekannt werden, und für Sie wesentlich werden könnten, umgehend informieren. Auf dieser Basis können Sie dann Ihre Entscheidung zur **weiteren** Teilnahme an dieser klinischen Studie neu überdenken.

Es ist aber auch möglich, dass die Studienleitung entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher Ihr Einverständnis einzuholen. Die Gründe hierfür können sein:

- Sie können den Erfordernissen der klinischen Studie nicht entsprechen;
- Die Studienleitung hat den Eindruck, dass eine weitere Teilnahme an der klinischen Studie nicht in Ihrem Interesse ist.

8. Datenschutz

Im Rahmen dieser klinischen Studie werden Daten über Sie erhoben und verarbeitet. Es ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen

- 1) jenen personenbezogenen Daten, anhand derer eine Person direkt identifizierbar ist (z.B. Name, Geburtsdatum, Adresse, Sozialversicherungsnummer, Bildaufnahmen...),
- 2) pseudonymisierten personenbezogenen Daten, das sind Daten, bei denen alle Informationen, die direkte Rückschlüsse auf die konkrete Person zulassen, entweder entfernt, durch einen Code (z. B. eine Zahl) ersetzt oder (z.B. im Fall von Bildaufnahmen) unkenntlich gemacht werden. Es kann jedoch trotz Einhaltung dieser Maßnahmen nicht vollkommen ausgeschlossen werden, dass es unzulässigerweise zu einer Re-Identifizierung kommt.
- 3) anonymisierten Daten, bei denen eine Rückführung auf die konkrete Person ausgeschlossen werden kann.

Zugang zu den Daten, anhand derer Sie direkt identifizierbar sind (siehe Punkt 1), hat die Studienleitung und andere Mitarbeiter, die an der klinischen Studie oder Ihrer medizinischen Versorgung mitwirken. Zusätzlich können autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte und die zuständige Ethikkommissionen in diese Daten Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der klinischen Studie notwendig bzw. vorgeschrieben ist. Sämtliche Personen, die Zugang zu diesen Daten erhalten, unterliegen im Umgang mit den Daten den jeweils geltenden nationalen Datenschutzbestimmungen und/oder der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO).

Der Code, der eine Zuordnung der pseudonymisierten Daten zu Ihrer Person ermöglicht, wird nur von der Studienleitung und anderen Studienmitarbeitern eingesehen.

Eine Weitergabe der Daten erfolgt nur in anonymisierter Form.

Für etwaige Veröffentlichungen werden nur die pseudonymisierten oder anonymisierten Daten verwendet.

Im Rahmen dieser klinischen Studie ist keine Weitergabe von Daten in Länder außerhalb der EU (Drittland) vorgesehen.

Ihre Einwilligung bildet die Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten. Sie können die Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung Ihrer Daten jederzeit ohne Begründung widerrufen. Nach Ihrem Widerruf werden keine weiteren Daten mehr über Sie erhoben. Die bis zum Widerruf erhobenen Daten können allerdings weiter im Rahmen dieser klinischen Studie verarbeitet werden.

Nach der DSGVO stehen Ihnen grundsätzlich die Rechte auf Auskunft, Berichtigung, Löschung, Einschränkung der Verarbeitung, Datenübertragbarkeit und Widerspruch zu, soweit dies die Ziele der klinischen Studie nicht unmöglich macht oder ernsthaft beeinträchtigt und soweit dem nicht andere gesetzliche Vorschriften widersprechen.

Die voraussichtliche Dauer der klinischen Studie ist ca. 6 Monate. Die Dauer der Speicherung Ihrer Daten über das Ende oder den Abbruch der klinischen Studie hinaus ist durch Rechtsvorschriften geregelt.

Falls Sie Fragen zum Umgang mit Ihren Daten in dieser klinischen Studie haben, wenden Sie sich zunächst an die Studienleitung. Diese kann Ihr Anliegen ggf. an die Personen, die für den Datenschutz verantwortlich sind, weiterleiten.

Sie haben das Recht, bei der österreichischen Datenschutzbehörde eine Beschwerde über den Umgang mit Ihren Daten einzubringen (www.dsb.gv.at; E-Mail: dsb@dsb.gv.at).

9. Entstehen für die Teilnehmer Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten.

10. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser klinischen Studie steht Ihnen die Studienleitung gern zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als PatientIn und TeilnehmerIn an dieser klinischen Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Name der Kontaktperson: Tanja Habersack, BSc. – Physiotherapeutin u. Osteopathin i.A
Ständig erreichbar unter: 0664 34 37 055

11. Sollten andere behandelnde Ärzte von der Teilnahme an der klinischen Studie informiert werden?

Nein, dies ist nicht notwendig.

Sollten (neu auftretende) schwerwiegende Beschwerden oder Symptome während des Studienzeitraumes auftreten, kontaktieren Sie ihren Arzt.

12. Einwilligungserklärung

Name des/der Patienten/Patientin: _____

Geb.Datum: _____

Ich erkläre mich bereit, an der klinischen Studie

Der Effekt von osteopathischen Techniken an den Querdiaphragmen zusätzlich zu einem konventionellen Gleichgewichts- & Sturzpräventionstraining auf die posturale Stabilität & Balance-Sicherheit beim geriatrischen Menschen

teilzunehmen. Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich die Teilnahme ohne nachteilige Folgen, insbesondere für meine medizinische Betreuung, ablehnen kann.

Ich bin von Frau Tanja Habersack, BSc. oder Frau Sandra Wallner-Uhl ausführlich und verständlich über die klinische Studie, mögliche Belastungen und Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Studie und die sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Patientenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 5 Seiten umfasst, gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Prüfarzt verständlich und

zufriedenstellend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der klinischen Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile, insbesondere für meine medizinische Betreuung, entstehen.

Ich stimme ausdrücklich zu, dass meine im Rahmen dieser klinischen Studie erhobenen Daten wie im Abschnitt „Datenschutz“ dieses Dokuments beschrieben verarbeitet werden.

Eine Kopie dieser Patienteninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienleitung

.....
(Datum und Unterschrift des Patienten)

.....
(Datum, Name und Unterschrift der Studienleitung)

Anhang B – Übersicht über Unterschiede zwischen Baseline- und Endmessung aller Gleichgewichtstests

		SBT T0	SBT T1	Veränd. SBT T0- T1	FRT T0	FRT T1	Veränd FRT T0-T1	AST T0	AST T1	Veränd. AST T0- T1	Gehtest T0	Gehtest T1	Veränd. Gehtest T0-T1
IG (n = 15)	MW	54,40	58,13	3,73**	28,87	32,13	3,27**	8,83	7,53	-1,30	1,34	1,64	0,30**
	Median	56,00	59,00	3,00	29,00	32,00	4,00	8,27	7,17	-0,55	1,30	1,50	0,30
	SD	4,983	2,232	4,079	7,652	5,817	3,693	2,827	1,210	2,223	0,202	0,315	0,242
	Min	43	53	-3	17	20	-6	5,69	5,79	-5,16	1,0	1,3	0,1
	Max	60	60	12	44	41	11	15,12	9,96	1,69	1,8	2,4	1,1
KG (n = 15)	MW	52,33	56,27	3,93*	25,20	28,27	3,07**	13,09	11,51	-1,57**	1,26	1,47	0,27**
	Median	53,00	59,00	3,00	24,00	27,00	3,00	12,90	11,18	-0,83	1,30	1,60	0,10
	SD	4,701	5,092	4,527	6,073	5,203	3,555	3,885	3,211	1,847	0,279	0,390	0,179
	Min	42	43	-4	13	19	-2	7,60	7,57	-5,44	0,7	0,7	0,0
	Max	60	60	11	36	36	15	20,20	18,73	0,62	1,7	2,2	0,6

Anmerkung: n = Anzahl der Personen, T0 = Erstmessung, T1 = Endmessung, SBT = Static Balance Test, FRT = Functional Reach Test, AST = Alternate Step Test, Signifikanzniveaus: *...statistisch signifikant ($p \leq 0,05$), **...statistisch hoch signifikant ($p \leq 0,005$)

