

Der Einfluss der CV-4 Technik auf die posturale Kontrolle im höheren Lebensalter

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Studium Osteopathie MSc

eingereicht von

Arjen Twiest, BSc

Department für Gesundheitswissenschaften, Medizin und Forschung

an der Universität für Weiterbildung Krems

Betreuerin: Sarah Bolick, MSc

Betreuerin: Isabelle Schüssler, MSc

St. Georgen ob Judenburg, 07.06.2025

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Arjen Twiest, 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
- g*Power für Datenanalyse
- IBM SPSS Statistics für Datenanalyse

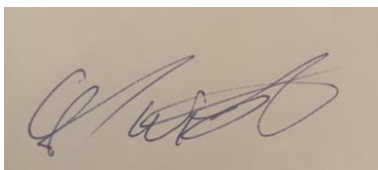
Ich bin für sämtliche Inhalte meiner Arbeit, einschließlich der durch KI-gestützte Tools generierten oder unterstützten Passagen, allein verantwortlich und die Einhaltung wissenschaftlicher Standards liegt in meiner alleinigen Verantwortung.

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: 07.06.2025

Unterschrift:

A rectangular box containing a handwritten signature in dark ink on a light-colored background. The signature is cursive and appears to read 'Arjen Twiest'.

Arjen Twiest

ABSTRACT DEUTSCH

Die vorliegende Masterarbeit untersucht die potenziellen Auswirkungen der CV-4 Technik auf die posturale Kontrolle bei gesunden älteren Erwachsenen. Die CV-4 Technik ist eine osteopathische Methode, die auf eine Regulation des Liquorflusses abzielt und möglicherweise Einfluss auf die posturale Kontrolle nehmen kann. Ziel der Studie war es, die Effektivität dieser Intervention im Vergleich zu einer Placebo-Gruppe zu evaluieren. Die Messungen erfolgten mittels Y Balance Test (YBT) und Functional Reach Test (FRT), um Veränderungen in der posturalen Stabilität zu erfassen.

In einer randomisierten, placebokontrollierten Studie wurden 34 gesunde ProbandInnen ab 60 Jahren untersucht. Die Teilnehmenden wurden in eine Interventions- und eine Placebo-Gruppe aufgeteilt. Die Ergebnisse zeigten signifikante Verbesserungen im YBT in der Interventionsgruppe, während der FRT keine signifikanten Veränderungen aufwies. Dies deutet darauf hin, dass die CV-4 Technik selektive Effekte auf das dynamische Gleichgewicht haben könnte. Allerdings zeigt auch die Kontrollgruppe dieselben Veränderungen, was wiederum auf Einflüsse anderer Faktoren hinweist. Eine zusätzliche ProbandInnengruppe ohne jegliche Intervention würde weitere Schlussfolgerungen ermöglichen.

Obwohl die Ergebnisse erste Hinweise auf eine mögliche Wirksamkeit der CV-4 Technik liefern, bestehen methodische Einschränkungen, unter anderem die relativ kleine Stichprobengröße, potenzielle Lerneffekte durch wiederholte Testungen sowie fehlende Langzeitbeobachtungen. Weiterführende Untersuchungen mit größeren und heterogeneren Stichproben sind erforderlich, um die zugrunde liegenden physiologischen Mechanismen und die langfristige Wirkung dieser Methode besser zu verstehen. Darüber hinaus wäre eine Ergänzung durch objektive Messverfahren, wie Druckmessplatten oder Postural Sway Tests, sinnvoll. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern erste Hinweise darauf, dass die CV-4 Technik potenziell eine wirksame Methode zur Verbesserung der posturalen Kontrolle sein könnte. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die langfristigen Effekte, die zugrunde liegenden Mechanismen und die klinische Relevanz dieser Technik zu bestätigen.

Schlüsselwörter:

Posturale Kontrolle, Gleichgewicht, CV-4 Technik, Osteopathie, Y Balance Test (YBT), Functional Reach Test (FRT)

ABSTRACT ENGLISH

This master's thesis examines the potential effects of the CV-4 technique on postural control in healthy older adults. The CV-4 technique is an osteopathic method that aims to regulate cerebrospinal fluid flow and may have an impact on postural control. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of this intervention in comparison to a placebo group. Measurements were taken using the Y Balance Test (YBT) and Functional Reach Test (FRT) to record changes in postural stability.

In a randomized, placebo-controlled study, 34 healthy subjects aged 60 and over were examined. The participants were divided into an intervention group and a placebo group. The results showed significant improvements in YBT in the intervention group, while the FRT showed no significant changes. This suggests that the CV-4 technique may have selective effects on dynamic balance. However, the control group also showed the same changes, again indicating influences from other factors. An additional group of subjects without any intervention would allow further conclusions to be drawn.

Although the results provide initial indications of the potential effectiveness of the CV-4 technique, there are methodological limitations, including the relatively small sample size, potential learning effects from repeated testing, and a lack of long-term observations. Further studies with larger and more heterogeneous samples are needed to better understand the underlying physiological mechanisms and the long-term effects of this method. In addition, a supplementation with objective measurement methods, such as pressure plates or postural sway tests, would be useful. The results of this work provide initial evidence that the CV-4 technique could potentially be an effective method for improving postural control. Further research is required to confirm the long-term effects, underlying mechanisms and clinical relevance of this technique.

Keywords:

Postural control, balance, CV-4 technique, osteopathy, Y Balance Test (YBT), Functional Reach Test (FRT)

INHALTSVERZEICHNIS

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	I
ABSTRACT DEUTSCH.....	II
ABSTRACT ENGLISH.....	III
1. Einleitung	4
1.1 Hintergrund der Studie.....	4
1.2 Zielsetzung der Masterarbeit.....	6
2. Theoretischer Hintergrund.....	9
2.1 Grundlagen der posturalen Kontrolle.....	9
2.2 Reizleitungssysteme.....	14
2.2.1 Das vestibuläre System.....	14
2.2.2 Das visuelle System.....	15
2.2.3 Das somatosensorische System	16
2.2.4 Verbindungen zwischen den Systemen	17
2.3 Verarbeitung der Posturale Kontrolle	18
2.3.1 Rückenmark.....	18
2.3.2 Cerebellum.....	19
2.3.3 Basalganglien.....	19
2.3.4 Hirnstamm und Vestibulariskerne	20
2.3.5 Motorkortex	20
2.4 Anatomie der Ventrikel und Funktion der CV-4 Technik	22
2.4.1 Anatomie und Physiologie der Hirnventrikel	22
2.4.2 Grundprinzip der CV-4 Technik.....	24
2.5 Vorherige Forschungsergebnisse und Erkenntnisse.....	24
2.5.1 Forschungsergebnisse CV-4	24
2.5.2 Forschungsergebnisse „Posturale Kontrolle“	28
2.6 Forschungsfragen und Hypothesen	32
2.6.1 Forschungsfrage.....	32
2.6.2 Nullhypothese (H0)	32
2.6.3 Alternativhypothese (H)	33

3.	Methodik	34
3.1	Forschungsdesign.....	34
3.2	Stichprobenbeschreibung.....	34
3.2.1	Einschlusskriterien.....	34
3.2.2	Ausschlusskriterien.....	34
3.2.3	Abbruchkriterien.....	35
3.2.4	Stichprobengröße und -ziehung.....	35
3.3	Studienablauf	35
3.4	Test-Parameter und Durchführung.....	36
3.4.1	Y Balance Test.....	37
3.4.2	Functional Reach Test	38
3.5	Intervention.....	39
3.5.1	Intervention in der Versuchsgruppe: CV-4 Technik.....	39
3.5.2	Intervention in der Kontrollgruppe: Placebogriff.....	41
3.5.3	Verblindung.....	41
3.6	Personal.....	41
3.7	Datenschutz.....	42
4.	Ergebnisse	43
4.1	Deskriptive Statistiken der Ergebnisse	43
4.2	Analyse der CV-4 Behandlungseffekte auf die posturale Kontrolle.....	45
4.3	Explorative Analyse einiger ProbandInnen-Daten	50
5.	Diskussion.....	51
5.1	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.....	51
5.1.1	Ergebnisse YBT.....	51
5.1.2	Ergebnisse FRT	51
5.2	Interpretation der Ergebnisse	52
5.2.1	Mögliche Verbesserung durch Lerneffekt	52
5.2.2	Dynamischer oder statischer Gleichgewichtstest	54
5.2.3	Hüft- oder Sprunggelenkstrategie als Ausgleichsbewegung	55
5.2.4	Verbesserung des YBT unabhängig von der Intervention.....	56
5.3	Stärken der Studie	57
5.4	Schwächen der Studie	58
5.4.1	Stichprobenbeschreibung.....	58
5.4.2	Testauswahl und -durchführung.....	62
5.4.3	Intervention.....	66

6. Schlussfolgerungen / Fazit	69
LITERATURVERZEICHNIS.....	72
TABELLENVERZEICHNIS	84
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	85
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	86
ANHANG.....	87

1. Einleitung

1.1 *Hintergrund der Studie*

Die aufrechte Körperhaltung des Menschen ist biomechanisch instabil und erfordert zur Stabilisierung komplexe Gleichgewichtsmechanismen. Diese sind nicht nur für die Aufrechterhaltung des Standes, sondern auch für die Ausführung zahlreicher motorischer Aktivitäten von zentraler Bedeutung. Die Regulation erfolgt über das posturale Kontrollsystem (Hur, 2021, S.1).

Mit zunehmendem Alter nimmt die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Körperposition durch die erforderlichen Gleichgewichtsmechanismen ab (Dmitruk et al., 2014; Era et al., 2006).

Die motorischen Beeinträchtigungen sind häufig auf Funktionsstörungen des zentralen und peripheren Nervensystems sowie des neuromuskulären Systems zurückzuführen. Zu diesen Defiziten zählen unter anderem Koordinationsprobleme (Seidler et al., 2002), eine erhöhte Bewegungsvervariabilität (Contreras-Vidal et al., 1998), eine verlangsamte Bewegungsabführung sowie Schwierigkeiten mit dem Gleichgewicht und beim Gehen im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen (Seidler, 2002). Die Abnahme der posturalen Kontrolle manifestiert sich auch in Form von Kraftverlust sowie einer reduzierten Fähigkeit zur Kompensation externer Störreize (Granacher et al., 2008; Pijnappels et al., 2008).

Diese motorischen Einschränkungen beeinträchtigen die Fähigkeit älterer Menschen, alltägliche funktionelle Aktivitäten auszuführen. Besonders Gang- und Gleichgewichtsprobleme sind von großer Bedeutung, da Stürze eine der Hauptursachen für Verletzungen und Morbidität in dieser Altersgruppe darstellen. Studien zeigen, dass 20–30 % der sturzgefährdeten älteren Erwachsenen mittelschwere bis schwere Verletzungen erleiden, die ihre Mobilität einschränken und ihre Lebensqualität erheblich mindern (Alexander et al., 1992).

Die verminderte Fähigkeit zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts in statischen und dynamischen Situationen führt zusätzlich zu Unsicherheiten im Bewegungsverhalten und beeinträchtigt das Vertrauen in die eigene körperliche Stabilität. In diesem Zusammenhang spielt die Sturzangst eine bedeutende Rolle. Sie beschreibt nicht nur die Angst vor einem erneuten Sturzereignis, sondern ist auch mit Einschränkungen im Alltag assoziiert (Leonard & Laekeman, 2010).

Sturzangst kann zu einer Vermeidung körperlicher Aktivität führen, was langfristig einen Abbau von Muskelkraft, Mobilität und propriozeptivem Feedback zur Folge hat (Zijlstra et al., 2007). Diese Faktoren verschlechtern wiederum die posturale Kontrolle und erhöhen somit das tatsächliche Sturzrisiko – ein negativer Kreislauf entsteht. Darüber hinaus zeigen Studien, dass bereits ein einzelner Sturz das Vertrauen in die eigene Gleichgewichtsfähigkeit erheblich beeinträchtigen kann, was im Gegenzug die Entwicklung von Sturzangst fördert, selbst bei Personen ohne objektivierbare strukturelle Defizite (Friedman et al., 2002; Steckhan et al., 2024). Die Wechselwirkung zwischen Sturzangst, posturaler Kontrolle und Sturzhäufigkeit ist somit bidirektional. Der Verlust der Gleichgewichtskontrolle kann sowohl Ursache als auch Folge psychologischer Faktoren wie Angst und Unsicherheit sein. Ein interdisziplinärer Therapieansatz ist daher essenziell zur effektiven Reduktion des Sturzrisikos (Martin et al., 2005).

Natürlich spielt die posturale Kontrolle auch bei jüngeren Personen bzw. im Sport eine wesentliche Rolle. Butler (2013) untersuchte mittels Star Excursion Balance Test und Y Balance Test (YBT) die Verletzungsgefahr ohne Fremdeinwirkung bei American-College-Footballspielern. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass eine geringe dynamische Gleichgewichtsleistung mit einem erhöhten Risiko für Verletzungen der unteren Extremitäten ohne Fremdeinwirkung verbunden ist, bzw. dass bessere Ergebnisse bei dynamischen Gleichgewichtstesten die Verletzungsgefahr reduzieren.

Es existieren bereits mehrere Studien aus den Gebieten der Sportwissenschaft und der Physiotherapie, die untersuchen, ob Training (in den Bereichen Kraft, Ausdauer und Gleichgewicht) einen Einfluss auf die posturale Kontrolle hat. Sowohl Low et al. (2017) als auch Santos et al. (2017) berichten über positive Effekte bei älteren Personen sowie Parkinson-PatientInnen, die durch die Durchführung eines spezifischen Gleichgewichtsprogramms erzielt wurden, das auf den Prinzipien der motorischen Kontrolle basiert. Training, das primär auf Kraft- und Ausdauerübungen fokussiert war, zeigte in diesen Studien weniger signifikante Verbesserungen auf (Low et al., 2017; Santos et al., 2017).

1.2 Zielsetzung der Masterarbeit

Ziel dieser Masterarbeit ist es, eine osteopathische Intervention zu untersuchen und ihre Auswirkung auf die posturale Kontrolle bei Menschen ab 60 Jahren. Durch eine verbesserte posturale Kontrolle kann das Verletzungsrisiko älterer Personen verringert und eine bessere Lebensqualität im Alter ermöglicht werden, da die Selbständigkeit durch bessere posturale Kontrolle länger erhalten bleibt (Zijlstra et al., 2007).

Die bereits erwähnten Studien von Low et al. (2017) und Santos et al. (2017) bestätigen die Verbesserung der posturalen Kontrolle durch Trainingsreize bzw. aktive Übungen. Der Hintergrund für die Durchführung dieser Masterthesis besteht in der Optimierung der Strukturen, die für das Zustandekommen der posturalen Kontrolle verantwortlich sind. Je besser die verantwortlichen Systeme (Reizleitung, Verarbeitung, motorischer Output) funktionieren, desto bessere Voraussetzungen sind für Trainingsreize gegeben (Liem, 2018, S.536).

Im Rahmen eines ganzheitlichen Therapieansatzes kann die osteopathische Intervention als initiale Maßnahme zur Regulation physiologischer Dysbalancen dienen. Durch ihren systemischen und homöostatischen Einfluss unterstützt sie die Wiederherstellung funktioneller Gleichgewichte innerhalb des Organismus und schafft somit eine günstige Grundlage für nachfolgende Therapieformen. Studien belegen, dass osteopathische Behandlungen durch mechanisch-biologische Rückkopplungsmechanismen sowohl lokale als auch systemweite Adaptationen hervorrufen können, was ihren Einsatz als vorbereitende Intervention unterstreicht (Franke et al., 2014; Licciardone et al., 2013).

In dieser Masterarbeit wird die osteopathische Technik - Kompression des vierten Hirnventrikel (CV-4) - als zentrale Intervention gewählt. Diese manuelle Methode zielt auf eine Regulation des autonomen Nervensystems sowie auf die Harmonisierung neurophysiologischer Prozesse ab (Liem, 2018, S.536; Zurowska et al., 2017). Sie wird der cranialen Osteopathie zugeordnet, die in den Benchmarks der Weltgesundheitsorganisation 2010 als wichtige osteopathische Fähigkeit beschrieben wird (Liem, 2018, S.536; World Health Organization, 2010, S.9).

Die Entscheidung für die Anwendung der CV-4 Technik basiert auf mehreren wissenschaftlich begründbaren Aspekten:

- Neurophysiologische Relevanz

Zahlreiche Arbeiten deuten darauf hin, dass CV-4 die Funktion des Nervensystems, einschließlich des autonomen Nervensystems beeinflussen kann (Liem, 2018, S.538). Dies zeigt sich unter anderem in Veränderungen der Herzfrequenzvariabilität, der kortikalen Erregbarkeit sowie der autonomen Stressantwort (Cutler et al., 2005). Diese Effekte machen CV-4 zu einem geeigneten Instrument zur Untersuchung zentraler Regulationsmechanismen.

- Verbindung zur posturalen Kontrolle

Über biomechanische und neuroanatomische Verbindungen zwischen dem vierten Ventrikel, den Hirnnervenkernen sowie der suboccipitalen Muskulatur bestehen potenzielle Einflüsse auf Gleichgewicht, Körperhaltung und sensorische Integration. Aus biomechanischer Sicht wird angenommen, dass sich die intracranialen Druckverhältnisse durch Kompression auf den vierten Ventrikel verändern. Dies verursacht eine Stimulation der Hirnnervenkerne (Liem, 2018, S.536-538). Sutherland (2008) definiert eine Wirkung von CV-4 in der Nähe des Hirnstammes, der Medulla oblongata und damit Auswirkungen auf vegetative Zentren. Die Technik bewirkt dadurch einen Einfluss auf Strukturen, die in funktioneller Verbindung mit dem vestibulären, visuellen und somatosensorischen System stehen, sowie den Verarbeitungssystemen für die afferenten Reize (Taube, 2013, S.57). Diese Mechanismen sind insbesondere in der Sturzprophylaxe und in der geriatrischen Therapie von Bedeutung (Granacher, 2006). Eine andere Erklärung, beschrieben von Ferguson (2003), deutet eher auf eine Entspannung der suboccipitalen Muskulatur durch die CV-4 Technik hin und weniger auf eine direkte Kompression des vierten Ventrikels. Die Muskulatur des Occiput-Atlas-Axis-Komplex (OAA) besitzt eine sehr hohe Dichte an Mechanorezeptoren und Muskelspindeln. Dadurch ermöglicht sie einen starken propriozeptiven Input an die Gleichgewichtszentren. Ferguson (2003) beschreibt auch Gleichgewichtsprobleme, die mit somatischen Dysfunktionen im hochcervikalen Bereich in Verbindung gebracht werden (Ferguson, 2003).

- Praktische und ethische Machbarkeit

Die CV-4 Technik ist nicht-invasiv, mit geringem apparativem Aufwand durchführbar und weist ein niedriges Risiko für Nebenwirkungen auf (Liem, 2018, S. 537). Dies macht sie zu einer ethisch vertretbaren Methode im Setting einer klinisch-experimentellen Studie im Rahmen einer Masterarbeit.

- Innovativer Beitrag zur Forschung

Trotz häufiger Anwendung in der Praxis existieren bislang wenige wissenschaftliche Untersuchungen zwischen der CV-4 Technik und posturaler Kontrolle (Phillips, 2012). Die vorliegende Arbeit kann daher einen wertvollen Beitrag zur Evidenzbildung im Bereich der manuellen osteopathischen Therapie leisten.

Mehrere Autoren beschreiben, dass Schmerz die posturale Kontrolle verändert (Brumagne et al., 2008; Moseley et al., 2005). Es stellt sich die Frage, ob im Gegensatz dazu, die Verbesserung der posturalen Kontrolle rein durch Schmerzlinderung erreicht werden könnte (also auch jedes andere schmerzlindernde Mittel wirken würde) oder ob die Verbesserung durch die manuelle Therapie (als Reiz für das Nervensystem) zustande kommt.

Um herauszufinden ob sich die CV-4 Technik generell auf die posturale Kontrolle auswirkt, wurde diese Masterstudie deshalb an schmerzfreien ProbandInnen durchgeführt. Ansonsten könnte nicht ausgeschlossen werden, ob durch eine reine Schmerzreduktion Veränderungen der Testergebnisse möglich wären. Dies würde die Ausführung der Testung mittels Functional Reach (FRT) und Y Balance Test negativ beeinflussen.

Sowohl Training (Ansai et al., 2015; Sousa et al., 2016) als auch physiotherapeutische (Bernal-Utrera et al., 2021) und osteopathische Behandlungen (Buscemi et al., 2017) haben positive Einflüsse auf das Gleichgewicht bei Erwachsenen und können dadurch einen Einfluss auf die posturale Kontrolle haben. Aus diesem Grund wurde in dieser Masterthesis nur eine Intervention durchgeführt - wenn der/die ProbandIn durch das erste Testresultat motiviert gewesen wäre, die Testdurchführungen zuhause zu üben würde das die Resultate verfälschen. Auch Studien (Buschatzky, 2014; Hanten et al., 1999; Miana et al., 2012) zeigen schon statistisch relevante Veränderungen nach einer Behandlung mittels CV-4 Technik.

Durch die einmalige Durchführung der Intervention konnten somit externe Störfaktoren möglichst ausgeschlossen werden, aber dennoch wurde ein deutliches Ergebnis erwartet.

Das Ziel dieser Studie war es, positive Effekte der CV-4 Technik auf die posturale Kontrolle aufzuzeigen. Sie könnte dazu beitragen, mobilisierende Techniken am Occiput stärker in die Therapie zu integrieren, um Haltungsprobleme und damit verbundenen Beschwerden effektiver zu behandeln.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagen der posturalen Kontrolle

Die posturale Kontrolle ist ein essenzieller Bestandteil der menschlichen Motorik und bezeichnet die Fähigkeit, die Position des Körpers im Raum aufrechtzuerhalten, anzupassen und zu stabilisieren. Sie ist die Grundlage für Gleichgewicht, Haltungskontrolle und Koordination und ermöglicht eine Vielzahl von Alltagsaktivitäten, von einfachen Bewegungen wie Stehen und Gehen bis hin zu komplexen motorischen Aufgaben. Die posturale Kontrolle ist ein dynamischer Prozess, der eine ständige Anpassung an interne und externe Faktoren erfordert und durch ein komplexes Zusammenspiel zwischen sensorischen, motorischen und zentralen Nervensystemkomponenten gesteuert wird (Hur, 2012, S.1-3).

Im medizinischen Kontext gewinnt die Untersuchung der posturalen Kontrolle zunehmend an Bedeutung, da Störungen in diesem Bereich häufig mit neurologischen, muskuloskelettalen oder altersbedingten Erkrankungen assoziiert sind. Erkrankungen wie Morbus Parkinson, Schlaganfall oder Multiple Sklerose, sowie altersbedingte Prozesse wie Sarkopenie führen oft zu einer Beeinträchtigung der posturalen Kontrolle, was wiederum das Sturzrisiko erhöht und die Lebensqualität erheblich einschränken kann (Warmerdam et al., 2022; Zhang et al., 2024).

Posturale Kontrolle basiert auf einem integrativen Prozess, der drei afferente Hauptsysteme umfasst: das visuelle, das vestibuläre und das somatosensorische System. Diese Systeme liefern Informationen über die Position des Körpers im Raum, während das zentrale Nervensystem diese Signale integriert und adaptive motorische Reaktionen generiert (Hur, 2012, S.1).

Fetz beschreibt posturale Kontrolle als sensomotorisches Gleichgewicht. Er bezeichnet damit das Zusammenspiel von motorischen und sensorischen Systemen, wobei beim motorischen Gleichgewicht der Schwerpunkt im Bereich der Effektoren liegt und beim sensorischen Gleichgewicht im Bereich der Analysatoren. Die präzise Feinabstimmung von Muskeleinsätzen wird durch taktile, kinästhetische und optische Sinneseindrücke bzw. Lageempfindungen gesteuert (Fetz, 1990, S.13-14).

Die Fähigkeit das Gleichgewicht zu halten ist für alle großmotorischen Aktionen des Menschen entscheidend ohne dass die Aufmerksamkeit darauf gerichtet ist. Die meisten motorischen Reaktionen laufen reflektorisch ab, jedoch ist die Trainierbarkeit des Gleichgewichtsvermögens ab Kindesalter stark ausgeprägt (Hur, 2012, S.1; Taube, 2013, S.55).

Die ausführenden Mechanismen der posturalen Kontrolle lassen sich in zwei grundlegende Muster unterteilen: die reaktive posturale Kontrolle (Feedback-Modus) und die antizipatorische posturale Kontrolle.

- „Feedback-Modus“: schnelle und unwillkürliche Reaktionen auf unerwartete Störungen
Bei drohendem Verlust des Gleichgewichts reagiert das posturale System und setzt Kompensationsmechanismen ein, um dieses wiederzuerlangen.
- „Antizipativer Modus“: Vorbereitung des Körpers auf bevorstehende Bewegungen
Störeinflüsse werden bereits vor Beginn einer Bewegung vorweggenommen – dies wird auch Feedforward-Regelung genannt. Dieser Modus wird z. B. bei selbst initiierten Willkürbewegungen eingesetzt und destabilisierende Auswirkungen können somit vorhergesehen werden (Taube, 2013, S.56).

Fetz (1990) beschreibt in seinem Buch „Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport“ auch eine Unterteilung der Gleichgewichtstests.

- motorische Gleichgewichtstests
 - statische Gleichgewichtstests (Beibehalten einer Position oder eines Standortes)
z.B. Stehen auf dem Kippbrett, beidbeiniges Schwebestehen, einbeiniges Stehen nach Drehung vorwärts, quasistatische Gleichgewichtstests auf Kraftmessplatten
 - dynamische Gleichgewichtstests (fortlaufender Muskeleinsatz mit sich ändernden Kräfteverhältnissen, Unterstützungsfläche wird angepasst)
z.B. Schwebegehen, Gehen auf der Rolle, Ballbalancieren mit dem Fuß (Fetz, 1990, S.23,24)
- sensorische Gleichgewichtstests
 - Labortests (Vestibularistests)
mit elektrischer (Stimulation von Augenbewegungen oder elektrische Reizung des Vestibularapparates), kalorischer (Wasser wird in den Gehörgang eingebracht) oder rotatorischer (Dreh- oder Pendelstuhl) Reizung (Fetz, 1990, S.98)

Sibley et al. (2015) erklären, dass einzelne Gleichgewichtstests meist nur wenige Komponenten der posturalen Kontrolle erfassen. Für valide und reliabel interpretierbare Daten ist daher der Einsatz mehrerer Testverfahren notwendig, um die Komplexität posturaler Kontrolle umfassend zu erfassen und fundierte klinische Entscheidungen zu ermöglichen.

Auch die Studie von Jacobs et al. (2006) zeigt, dass die Kombination mehrerer Gleichgewichtstests die posturale Stabilität und das Gleichgewichtsvertrauen besser vorhersagt als Einzeltests. Diese wurden bei Parkinson-Patienten durchgeführt um das Sturzrisiko und die reduzierte Balance-Sicherheit zu identifizieren. Das optimale Modell klassifizierte 85 % der Teilnehmenden korrekt als Stürzende oder Nicht-Stürzende.

Nachdem mehrdimensionale Testbatterien somit die klinische Beurteilung verbessern, wurden in dieser Masterstudie auch zwei verschiedene Tests zur Erhebung der posturalen Kontrolle verwendet.

Die Möglichkeit, die Haltung gut auszubalancieren und die posturale Kontrolle aufrecht zu halten wird seit Jahren im Hinblick auf biomechanische Aspekte untersucht und mittels verschiedener Konzepte erklärt. Beispiele in der Osteopathie sind die Modelle nach Panjabi, Wernham oder Zink (Lüftner, 2020, S.13, 24; Panjabi, 1992).

John Wernham entwickelte ein Modell mittels Scheitelpunkte in der Wirbelsäule (C2, Th4 und L3). Die sogenannten Pivotpunkte sind aufgebaut auf mathematischen Linien. Wernham beschreibt drei Linien, die eine zentrale Rolle bei der Analyse von Balance und Kräfteverteilung im Körper spielen. Diese Linien sind: die AP-Linie (anterior-posterior), die PA-Linien (posterior-anterior) und die Schwerkraftlinie (Liem, 2018, S.385; Lüftner, 2020, S.13-17).

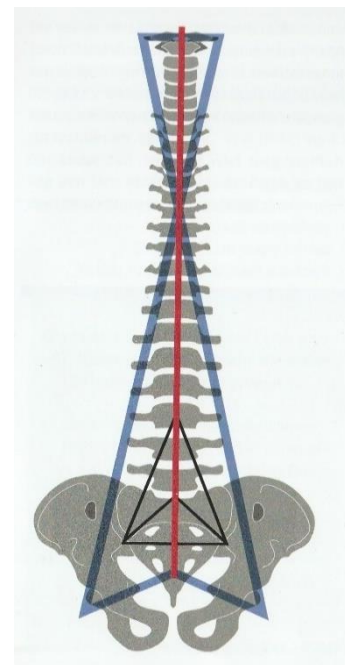
- Die AP-Linie beschreibt die Bewegungs- und Belastungsrichtung von vorne nach hinten. Sie verläuft vom anterioren Rand des Foramen magnum zu Th4, den Wirbelkörpern Th11 und Th12 sowie den Facettengelenken L4/L5 bis zum Promontorium und Os coccygis. Diese Linie repräsentiert die Kräfteübertragung vom vorderen Körperbereich zur Wirbelsäule und ist essenziell für die Balance in der sagittalen Ebene (Liem, 2018, S.385; Lüftner, 2020, S.14-15).
- Die PA-Linien hingegen beschreiben die Kraftübertragung von hinten nach vorne und verlaufen primär entlang der dorsalen Strukturen: vom posterioren Rand des Foramen magnum, zu Th2 und der 2. Rippe, anterior vom Wirbelkörper Th4, entlang dem anterioren Rand L2-3 zum Hüftgelenk. Die rechte PA-Linie beginnt beim rechten posterioren Rand vom Foramen magnum und endet beim linken Art. coxae, die linke PA-Linie reicht vom linken Bereich des Foramen magnum zum Art. coxae rechts. Sie sind besonders wichtig für die Stabilisierung des Körpers und die Aktivität der dorsalen Muskelketten, insbesondere des Erector spinae.

- Ergänzend beschreibt die Schwerkraftlinie die Kräfteverteilung durch den aufrechten Körper. Sie verläuft vom Meatus acusticus externus zum Acromio-clavicular-Gelenk, dem Trochanter Major, bis zum Os naviculare. Abweichungen von dieser Linie können zu Kompensationsmustern sowie muskulären Dysbalancen führen (Lüftner, 2020, S.14-15).
- Der Zusammenhang zwischen diesen Linien wird besonders durch ihren Schnittpunkt vor Th4 deutlich. Wenn man alle Linien miteinander verbindet, bilden sich zwei Pyramiden, die mit ihren Spitzen aufeinander stehen.

Die obere Pyramide hat ihre Basis am Foramen magnum und ihre Spitze an Th4. Sie repräsentiert die mechanische und neurologische Verbindung zwischen Schädel und Wirbelsäule, beeinflusst die Beweglichkeit des vierten Ventrikels, die Liquorzirkulation und die posturale Kontrolle. Die Spitze bei Th4 ist ein bedeutender Punkt für die Kraftübertragung vom Kopf nach caudal, wie auch für die Bewegung des Kopfes selbst.

Die untere Pyramide wird durch das Becken, die Acetabulae und das Os coccygis als Basis gebildet und hat ebenfalls ihre Spitze an Th4. Sie unterstützt die rhythmischen Bewegungen des Thorax, stabilisiert den abdominalen Druck und spielt eine zentrale Rolle für die Balance und Stabilität des Körpers (Liem, 2018, S.385; Lüftner, 2020, S.17).

Abbildung 1
Pyramiden nach Wernham



(Lüftner, 2020, S.16)

Diese Schwerkraftlinien werden allerdings auch kritisch gesehen.

Panjabi M. (1992) beschreibt in seinem Stabilitäts-Modell die Wirbelsäule als komplexes Stabilisierungssystem, unterstützt durch die Integration von aktiven, passiven und neuralen Komponenten. Daher vertritt Panjabi eher einen physiologisch-funktionellen Ansatz und weniger den mechanisch-strukturellen Ansatz wie Wernham.

Panjabi erklärt die zusammenwirkenden Komponenten folgendermaßen:

- Das passive (ligamentäre) Teilsystem

Die passiven Strukturelemente der Wirbelsäule, z.B. Bänder, tragen in der Neutralstellung kaum zur Stabilität bei. Erst bei Erreichen der Bewegungsgrenzen entwickeln die Ligamente reaktive Kräfte, die der weiteren Bewegung der Wirbelsäule entgegenwirken. In der Neutralstellung fungieren die passiven Komponenten vermutlich als Signalgeber, die die Position und Bewegung der Wirbel erfassen.

Dadurch werden die passiven Strukturen zu einem integralen Bestandteil des neuronalen Kontrollsystems. Dieses Subsystem wird als passiv bezeichnet, da es selbst keine Bewegung der Wirbelsäule erzeugt, jedoch eine dynamisch aktive Rolle bei der Überwachung und Weiterleitung der Signale übernimmt.

- Das aktive (muskulotendinöse) Teilsystem

Die Muskeln und Sehnen des aktiven Teilsystems sind die primären Strukturen, mit denen Kräfte erzeugt werden und die der Wirbelsäule die notwendige Stabilität verleihen. Die erzeugte Kraft jedes Muskels wird durch in den Sehnen integrierte Kraftsensoren erfasst. Aus diesem Grund ist dieser Aspekt der Sehnen als Teil des neuronalen Kontrollsystems zu betrachten.

- Das neuronale Kontrollsystem

Das neuronale Teilsystem empfängt Informationen von verschiedenen Sensoren, bewertet die spezifischen Anforderungen an die Stabilität der Wirbelsäule und aktiviert das aktive Teilsystem, um das Stabilitätsziel zu erreichen. Die Spannung der einzelnen Muskeln wird kontinuierlich gemessen und angepasst, bis die gewünschte Stabilität gewährleistet ist. Die Anforderungen an die Wirbelsäulenstabilität und somit an die Muskelspannungen variieren in Abhängigkeit von der dynamischen Haltung - also den Änderungen der Hebelarme und Trägheitslasten unterschiedlicher Massen sowie externen Belastungen (Panjabi, 1992).

Gordon Zink (1977) beschreibt ein häufig auftretendes Muster von muskulären und strukturellen Kompensationen im menschlichen Körper, das als Reaktion auf die Schiefelage oder Dysfunktion in einem Bereich des Körpers entsteht. Das Common Compensatory Pattern von Zink hat einen myofaszialen Ansatz und identifiziert dieses Muster als eine Art systemische Anpassung des Körpers, bei der verschiedene Strukturen versuchen, eine verlorene Balance oder eine Fehlstellung zu kompensieren. Es betrifft hauptsächlich die Wirbelsäule, die Beckenregion und die Extremitäten (Pope, 2003).

Auch aus faszialer Perspektive gibt es Ansätze, die versuchen physiologische und strukturelle Zusammenhänge in einem biomechanischen Modell zu erklären und zu ordnen. Dabei wird der Körper in drei funktionelle Bereiche (Dreiecke) unterteilt, die durch Diaphragmen voneinander abgegrenzt werden: Beckendiaphragma, thorakolumbales Diaphragma, cervikothorakales Diaphragma und craniocervikales Diaphragma (Liem, 2018, S.360).

Die Strukturen innerhalb eines Dreiecks stehen in einer funktionellen, physiologischen und pathologischen Wechselbeziehung zueinander. Der Zustand der Diaphragmen ist entscheidend für das optimale Funktionieren der verschiedenen Dreiecke, da diese über die Diaphragmen miteinander verbunden sind (Akranidis, 2019, S.48; Liem, 2018, S.360).

2.2 Reizleitungssysteme

2.2.1 Das vestibuläre System

Das vestibuläre System, auch Gleichgewichtssystem genannt, ist für die Wahrnehmung von Kopfbewegungen, Körperlage und Gleichgewicht verantwortlich. Es spielt eine entscheidende Rolle bei der Stabilisierung des Blicks, der Bewahrung der Haltung und der räumlichen Orientierung. Zu den wichtigsten Bestandteilen des vestibulären Systems gehören:

- Vestibularorgane (im Innenohr) mit Haarzellen

Bogengänge (Ductus semicirculares) reagieren auf Rotationsbewegungen des Kopfes (Drehbeschleunigung), Otolithenorgane reagieren auf horizontale und vertikale Beschleunigungen, vestibuläre Haarzellen wandeln die mechanischen Reize in elektrische Signale um

- Vestibulärer Nerv (N. vestibularis)

Teil des N. vestibulocochlearis (VIII), leitet die Informationen an das Gehirn weiter (Kolster et al., 2021, S.74; von Piekartz, 2005, S.519)

- vestibuläre Kerne im Hirnstamm (Nuclei vestibulares)

Schaltstellen für die Verarbeitung vestibulärer Informationen, leiten Signale an verschiedene Zielstrukturen weiter (Augenmuskelkerne, Rückenmark, Cerebellum) (Kahle & Frotscher, 2001, S.100; Liem, 2018, S.598)

- Cerebellum (insbesondere der Vestibulocerebellum-Bereich)

Verarbeitung und Feinabstimmung von Gleichgewichts- und Bewegungsinformationen (Taube, 2013, S.58)

- Thalamus und Kortex

bewusste Wahrnehmung von Gleichgewicht und räumlicher Orientierung (Barral, 2023, S.20-21; Liem, 2018, S.572)

2.2.2 Das visuelle System

Das visuelle System umfasst alle Strukturen und Funktionen, die für die Aufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung visueller Reize verantwortlich sind. Es ermöglicht die Wahrnehmung von Licht, Farben, Formen, Bewegungen und räumlichen Beziehungen. Die Hauptbestandteile des visuellen Systems sind:

- Auge (periphere Komponente)

Aufnahme von optischen Reizen: Hornhaut (Cornea), Linse (Lens), Iris und Pupille, Netzhaut (Retina), Makula, Papille (von Piekartz, 2005, S.514-517)

- Augenmuskeln und okulomotorische Nerven

N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), N. abducens (VI) steuern die Augenmuskeln (von Piekartz, 2005, S.63-64)

- Sehnerv und Sehbahn

Übertragung und Weiterleitung von Signalen: Sehnerv (Nervus opticus, II), Chiasma opticum, Tractus opticus (von Piekartz, 2005, S.63,442)

- Thalamus (Corpus geniculatum laterale)

filtert visuelle Signale, leitet sie an den visuellen Kortex weiter (Barral, 2023, S.20-21; Liem, 2018, S.572)

- primärer visueller Kortex (Area V1, Okzipitallappen) und visuelle Assoziationskortex

Verarbeitung visueller Informationen (Kahle & Frotscher, 2001, S.254)

- zusätzliche Strukturen

Colliculi superiores, prätektale Region, Hypothalamus (Nucleus suprachiasmaticus) (Kahle & Frotscher, 2001, S.134,176)

2.2.3 Das somatosensorische System

Das somatosensorische System umfasst alle Strukturen und Funktionen, die an der Wahrnehmung von Sinneseindrücken aus dem Körper beteiligt sind. Es verarbeitet Reize aus der Haut, den Muskeln, den Gelenken und den inneren Organen und vermittelt Informationen über Berührung, Druck, Temperatur, Schmerz, Vibration sowie die Position und Bewegung des Körpers (Propriozeption) (Lüftner, 2020, S.57). Zu den wichtigsten Bestandteilen des somatosensorischen Systems gehören:

- Rezeptoren (Sensoren)

Mechanorezeptoren, Thermorezeptoren, Nozizeptoren, Propriozeptoren (Lüftner, 2020, S.59)

- periphere Nerven

übertragen sensorische Signale zum zentralen Nervensystem

- Rückenmark (z. B. Tractus spinothalamicus, Hinterstrangbahnen)

leitet sensorische Signale an das Gehirn weiter (Taube, 2013, S.57)

- Thalamus

Schaltstation für sensorische Informationen und Weiterleitung an spezifische kortikale Bereiche (Barral, 2023, S.20-21; Liem, 2018, S.572)

- somatosensorischer Kortex

sensorische Informationen werden verarbeitet und bewusst wahrgenommen (von Piekartz, 2005, S.38)

- Cerebellum

Integration von propriozeptiven Informationen für die Bewegungskoordination (Barral, 2023, S.28)

- Großhirnrinde

Verarbeitung und Interpretation komplexer sensorischer Informationen (Barral, 2023, S.7)

Die hochcervikale Region spielt eine Schlüsselrolle bei der Stabilisierung von Kopf und Rumpf. Sie umfasst den oberen Bereich der Halswirbelsäule, insbesondere:

- Atlantooccipitalgelenk (C0-C1)
- Atlantoaxialgelenk (C1-C2)
- hochcervikale Gelenke und Muskeln
besonders reich an Muskelspindeln und Propriozeptoren (somit starker afferenter Input), liefern dem Gehirn Informationen über Kopfposition und Bewegungen
- Nervensystem (hochcervikale Nervenwurzeln und afferenten Bahnen) (Liem, 2018, S.385-386; Lüftner, 2020, S.67; von Piekartz, 2005, S.79-80)

Das Segment C1 innerviert die suboccipitalen Muskeln und bündelt die sensorischen afferenten Informationen der craniocervikalen Region. Das spinale Kerngebiet des N. trigeminus erstreckt sich bis zu C2/C3. Durch diese Verbindungen hat der N. trigeminus direkten Einfluss auf den Spannungszustand der Halsmuskulatur (Liem, 2018, S.389). Außerdem bestehen mittels der spinalen Zellkerne auch Verbindungen vom N. trigeminus zu den Nuclei des N. oculomotorius, N. trochlearis und N. abducens (Lüftner, 2020, S.64). Über den Fasciculus longitudinalis medialis werden die motorischen Kerne des oberen cervikalen Rückenmarks (bis einschließlich Segment C3) mit den Augenmuskeln verbunden (Liem, 2018, S.389).

Der Occiput-Atlas-Axis-Komplex liegt außerdem auf Höhe des 4. Ventrikels und den meisten Hirnnervenkernen, sowie der Medulla oblongata. Zudem kreuzen sich auf dieser Höhe die Pyramidenbahnen, wodurch diese Region auch aus anatomischen Gründen eine besondere Bedeutung für die motorische Koordination von Bewegungen erlangt (Liem, 2018, S.386).

2.2.4 Verbindungen zwischen den Systemen

Das vestibuläre System arbeitet eng mit dem visuellen und somatosensorischen System zusammen, um Gleichgewicht, Bewegungskoordination und räumliche Orientierung zu gewährleisten. Dieses komplexe Netzwerk ermöglicht es dem Körper, sich effektiv an Bewegungen und Veränderungen in der Umgebung anzupassen (Taube, 2013, S.57).

Die hochcervikale Region ist auch mit den vestibulären und visuellen Systemen verknüpft. Diese Verbindung wird durch den cerviko-okulären Reflex und den vestibulo-okulären Reflex unterstützt. Der cerviko-okuläre Reflex ist ein okulärer Stabilisierungsreflex, der durch eine Drehung des Halses ausgelöst wird. Er arbeitet in Verbindung mit dem vestibulo-okulären Reflex und dem optokinetischen Reflex. Sie erreichen eine Stabilisierung des auf der Netzhaut abgebildeten Bildes zur Blickfixierung. Der vestibulo-okulären Reflex zählt zu den Hirnstammreflexen. Er erzeugt bei Kopfbewegungen reflektorisch eine langsame kompensatorische Blickbewegung zur Gegenseite. Dieses Zusammenspiel ermöglicht die Verarbeitung von Lichtsignalen zu präzisen visuellen Wahrnehmungen, die für Orientierung und Interaktion mit der Umgebung essenziell sind (von Piekartz, 2005, S.513).

Der Fasciculus longitudinalis medialis (ein Nervenfaserbündel im Hirnstamm, das zum Rückenmark zieht) enthält Nervenfasern aus den Kernen des N. oculomotorius, N. trochlearis, N. abducens, aber auch des N. vestibulocochlearis und in seinem späteren Verlauf des N. accessorius. Durch diese Verbindung führt eine asymmetrische Spannung der Augenmuskulatur zu einer veränderten Tonuslage des M. trapezius und sternocleidomastoideus und somit zu einer veränderten Position der HWS (Lüftner, 2020, S.62).

2.3 *Verarbeitung der Posturale Kontrolle*

2.3.1 Rückenmark

Das Rückenmark (Medulla spinalis) bildet als Teil des zentralen Nervensystems die Schaltstelle zwischen den peripheren Nerven und dem Gehirn. Dort findet die schnellste und einfachste Verarbeitung von afferenten Informationen statt (Taube, 2003, S.57).

Seine Funktion beschränkt sich jedoch nicht auf eine reine Reizweiterleitung, sondern umfasst unter anderem die autonome Modulation der Muskeltätigkeit durch Reflexbögen, sowie die Vorverarbeitung von Schmerzreizen (Burgerhout et al., 2001, S.112; Kahle & Frotscher, 2001, S.50).

Sensorische Informationen (z. B. über Druck, Berührung, Propriozeption und Schmerz) werden über afferente Bahnen ins Rückenmark geleitet, motorische Signale für Haltungskorrekturen und Bewegungen werden über efferente Bahnen vom Rückenmark an die Muskeln gesendet. Es steht über auf- und absteigende Bahnen mit dem Hirnstamm, dem Kleinhirn und der Großhirnrinde in Verbindung (Burgerhout et al., 2001, S.112-113).

2.3.2 Cerebellum

Das Cerebellum spielt eine zentrale Rolle in der Bewegungskoordination, Motorik und posturalen Kontrolle. Es verarbeitet propriozeptive, vestibuläre und visuelle Informationen und wandelt diese in motorische Impulse für Haltungsanpassungen um. Es bildet aus vielen kleinen Bewegungen eine komplexe Gesamtbewegung. Ebenso wird die Abstimmung von Agonist- und Antagonistaktivität koordiniert (Barral, 2023, S.194; Taube, 2013, S.57-58).

Das Cerebellum hat über seine vordere Fläche, den Lobus flocculonodularis, enge funktionelle Verbindungen zum Vestibularorgan. Dieser Bereich wird Vestibulocerebellum genannt. Es spielt eine wichtige Rolle für die Kontrolle von Augenbewegungen sowie axialen Muskeln (Taube, 2013, S.58). In Störsituationen ermöglicht das Cerebellum kontextspezifische Anpassungen der posturalen Kontrolle. Diese werden durch kontinuierliche Lernprozesse gespeichert und sind bei erneutem Auftreten der gleichen Situation schneller abrufbar. Dieser Prozess wird als „Motorisches Lernen“ bezeichnet. Dadurch werden Bewegungen harmonisch und mit minimalem Energieaufwand ausgeführt (Barral, 2023, S.194; Taube, 2003, S.58).

Ebenso findet eine Interaktion mit dem Cerebrum statt. Das Cerebellum erhält Informationen über die Bewegungsintention vom motorischen und sensorischen Kortex. Im Gegenzug übermittelt das Cerebellum Informationen an das Cerebrum, um eine zeitgerechte und synchronisierte Interaktion zwischen beiden Strukturen sicherzustellen. Gemeinsam mit den Basalganglien sendet es Signale an die Zentren, die für die präzise Anpassung der Bewegung im Hinblick auf Richtung, Stärke und Dauer verantwortlich sind (Barral, 2023, S.194).

2.3.3 Basalganglien

Die Basalganglien sind eine Ansammlung von Kerngebieten im Gehirn, die tief in den Hemisphären liegen. Zu ihnen gehören das Striatum, der Globus pallidus und damit verbundene Strukturen. Der Nucleus subthalamicus und die Substantia nigra werden aufgrund ihrer wichtigen wechselseitigen Verbindungen häufig zusammen mit den Basalganglien betrachtet (Barral, 2023, S.193).

Funktionell wurden die Basalganglien lange Zeit als vorwiegend für die motorische Kontrolle zuständig angesehen. Sie sind an der Planung und Initiierung von Bewegungen beteiligt, unterdrücken unwillkürliche Aktivitäten und sind verantwortlich für die Harmonisierung der Bewegung im zeitlichen Ablauf. Zudem spielen sie eine wichtige Rolle bei der Gewährleistung der Bewegungseffizienz (Barral, 2023, S.193). Zunehmend wird ihnen eine zusätzliche Rolle bei der sensorischen Verarbeitung, der Wahrnehmung und dem Verhalten zugeschrieben (Visser et al., 2005). Sie sind auch an Prozessen wie Motivation, Emotionen und kognitiven Funktionen beteiligt (Baral, 2023, S.193).

2.3.4 Hirnstamm und Vestibulariskerne

Der Hirnstamm, bestehend aus Medulla oblongata und Pons, ist bedeutend für die sensorische Verarbeitung und motorische Integration, die für die posturale Kontrolle erforderlich sind. Im Hirnstammbereich der an den vierten Ventrikel grenzt befinden sich wichtige Hirnnervenkerne für die motorische- und Gleichgewichtskontrolle, einschließlich der Vestibulariskerne und der Nervenkerne des N. trigeminus, N. facialis und N. abducens (Barral, 2023, S.239; Kahle & Frotscher, 2001, S.100; Liem, 2018, S.598). Die vier vestibulären Hirnnervenkerne sind bedeutende Strukturen für die Gleichgewichtsverarbeitung und empfangen Signale von den Bogengängen und den Makulaorganen des Innenohrs, die Kopfbewegungen und -positionen registrieren. Sie senden diese an das Cerebellum weiter, das Haltungs- und Bewegungsanpassungen initiiert. Die Vestibulariskerne sind somit verantwortlich für die Koordination von Augenbewegungen und die Haltungsstabilisierung (von Piekartz, 2005, S.519).

2.3.5 Motorkortex

Der Motorkortex ist eine Region im Gehirn, die entscheidend für die Planung, Initiierung und Kontrolle willkürlicher Bewegungen ist. Er spielt auch eine wesentliche Rolle in der Regulation der posturalen Kontrolle indem er Signale an Muskeln sendet, um das Gleichgewicht und die Körperhaltung zu erhalten (Taube, 2003, S.58).

Der Motorkortex umfasst drei Hauptbereiche:

- Primär-motorischer Kortex

steuert direkt die Ausführung von Bewegungen, einschließlich der Aktivierung von Muskeln, die für die Haltung notwendig sind

- Prämotorischer Kortex

verantwortlich für die Planung von Bewegungen und die Steuerung der Haltung in Vorbereitung auf komplexe Bewegungsabläufe

- Supplementär-motorischer Kortex

beteiligt an der Koordination von bilateralen Bewegungen und der Aktivierung von Muskeln für die Haltungskontrolle während komplexer Aufgaben (Burgerhout et al., 2001, S.158,202-203)

Absteigende Bahnen:

- Kortikospinale Bahn (Pyramidenbahn)

leitet Signale für die Aktivierung von Halte- und Stützmuskeln zum Rückenmark, wichtig für die Feinabstimmung von Haltungsreaktionen (Kahle & Frotscher, 2001, S.58,308)

- Kortikoretikulospinale Bahn

steuert automatische und reflektorische Anpassungen der Haltung, z. B. bei plötzlichem Gleichgewichtsverlust

- Kortikobulbäre Bahnen:

Verbindung mit Hirnnervenkernen, die die Muskulatur im Kopf und Nackenbereich innervieren, um Kopfhaltungsanpassungen zu unterstützen (Burgerhout et al., 2001, S.159).

Der Motorkortex erhält kontinuierlich sensorische Rückmeldungen aus dem somatosensorischen Kortex (Propriozeption und Berührung), dem vestibulären System (Informationen über Kopfposition und Beschleunigung) und dem visuellen System (Orientierung im Raum) Diese Informationen helfen, Haltungsanpassungen präzise und kontextbezogen zu steuern (Lüftner, 2020, S.59; von Piekartz, 2005, S.38).

2.4 *Anatomie der Ventrikel und Funktion der CV-4 Technik*

2.4.1 **Anatomie und Physiologie der Hirnventrikel**

Die Hirnventrikel sind ein Netzwerk von Hohlräumen im Gehirn, die mit Liquor cerebrospinalis gefüllt sind. Sie haben eine wesentliche Funktion bei der Produktion, Zirkulation und Absorption des Liquors, welcher das zentrale Nervensystem schützt und unterstützt (Barral, 2023, S.25; Liem, 2018, S.239).

- **Erster und zweiter Ventrikel:**

Diese beiden Hohlräume sind die sogenannten Seitenventrikel im Großhirn (Telencephalon). Durch das Foramina interventricularia (Foramina monroi) sind sie mit dem 3. Ventrikel verbunden (Liem, 2018, S.239-241).

Die Begrenzungen der Seitenventrikel werden von folgenden anatomischen Strukturen bestimmt (beschrieben werden im nachfolgenden Text nicht die vollständigen Funktionen, sondern nur die, die für die posturale Kontrolle wichtig sind):

- Hippocampus (Gedächtnisprozesse und räumliche Orientierung)
- Corpus callosum (Übertragung von Informationen zwischen den beiden Hemisphären, insbesondere in Bezug auf Erinnerung, Lernen, intellektuelle Konzentration und Sehsinn)
- Thalamus (filtert sensorische Informationen, Schaltstelle für sensorische und sensible Impulse, leitet motorische Impulse der Basalganglien und der kortikalen Nervenkerne des Cerebellums an die motorischen Areale weiter, ist bei der Verarbeitung und Verschaltung der visuellen Informationen beteiligt und verarbeitet auditive Reize)
- Nucleus caudatus (gehört zu den Basalganglien)
- Striatum (Wahrnehmung von Schmerzen - Nozizeption)
- Septum pellucidum (trennt als sichelförmige Scheidewand die Vorderhörner der Seitenventrikel)
- Fornix (Gedächtnisbildung) (Barral, 2023, S.17-21; Liem, 2018, S.241,572,577,580)

- **Dritter Ventrikel:**

Der dritte Ventrikel befindet sich im Bereich des Zwischenhirns (Diencephalon) und bildet durch seine Lage zwischen dem Thalamus und Hypothalamus einen kleinen Hohlraum. Er kommuniziert mit den Seitenventrikeln und ist durch die Höhle Aquäduktus mesencephali mit dem vierten Ventrikel verbunden.

Der dritte Ventrikel ist begrenzt von folgenden Strukturen:

- Fornix
- Plexus choroideus (produziert den Liquor cerebrospinalis)
- Thalamus
- Hypothalamus (Koordination aller vegetativer Funktionen) (Barral, 2023, S.20, 25-26; Liem, 2018, S.241, 588).

- **Vierte Ventrikel:**

Dieser liegt im Bereich des Hirnstamms, der Medulla oblongata und dem Cerebellum. Der vierte Ventrikel ist durch Öffnungen - die Foramen luschkae und magendie - mit dem Subarachnoidalraum verbunden und ermöglicht so den Abfluss des Liquors (Barral, 2023, S.25; Liem, 2018, S.241).

Begrenzt wird der vierte Ventrikel durch:

- Tegmentum Pontis (enthält aufsteigende Bahnen sowie Kerne, die für die Verarbeitung der Somatosensorik, des Hörsinns und des Gleichgewichtssystems verantwortlich sind) (Liem, 2018, S.598)
- Cerebellum (zentrale Kontrollinstanz für die Koordination und Feinabstimmung von Bewegungsabläufen) (Barral, 2023, S.194)
- N. facialis (VII) (steuert die mimische Muskulatur sowie den Musculus stapedius)
- Nervenkerne des N. vestibulocochlearis (VIII) (Weiterleitung von Informationen aus der Hörschnecke und dem Gleichgewichtsorgan) (von Piekartz, 2005, S.60-61)

Der Zusammenhang zwischen dem vierten Ventrikel und der posturalen Kontrolle ergibt sich somit aus seiner Nähe zu Strukturen und Nervenbahnen, die Gleichgewichtsinformationen und motorische Kontrolle im Gehirn integrieren.

2.4.2 Grundprinzip der CV-4 Technik

Die CV-4 Technik basiert auf der Annahme, dass das Craniosacrale System einem natürlichen Rhythmus folgt, der als „Craniosacraler Rhythmus“ oder „Cranial- Rhythmic Impulse“ bezeichnet wird. Dieser Rhythmus steht in Verbindung mit der Bewegung der Liquorflüssigkeit, die das Gehirn und das Rückenmark umgibt und schützt. Der Rhythmus des Liquors wird als eine sanfte, rhythmische Pulsation wahrgenommen, die sich durch den Körper ausbreitet. Dieser Puls wird durch die Schädelnähte und die Bewegung der Hirnhäute beeinflusst (Liem, 2018, S.39).

Die CV-4 Technik nutzt sanften Druck auf dem Cranium im Bereich der Squama occipitalis zur Kompression des vierten Ventrikels, um die Zirkulation des Liquors zu fördern und den Craniosacralen Rhythmus zu beeinflussen (Liem, 2018, S.536). Die genaue Durchführung wird in Kapitel 3.5.1 noch näher beschrieben.

2.5 *Vorherige Forschungsergebnisse und Erkenntnisse*

2.5.1 **Forschungsergebnisse CV-4**

Betreffend der CV-4 Technik wird in der Literatur und in Studien eine vielfältige Wirkung auf verschiedene Bereiche beschrieben.

Liem (2018) erklärt in seinem Buch „*Kraniosakrale Osteopathie*“ (S.537) mögliche Wirkungen und Indikationen - variierend aus biomechanischer und biodynamischer Sicht. Unter anderem nennt er den Einfluss auf das sympathische Nervensystem, Bindegewebe und Knochensubstanz, Lymphsystem, venöses System, periphere Durchblutung, Atmung, sowie die Wirkung bei Depression, Bluthochdruck, Tachykardie oder Hyperthyreose.

Ferguson (2003) gibt die Entspannung der suboccipitalen Muskulatur als möglichen Haupteffekt der CV-4 Technik an. Die Technik findet direkt am Occiput statt und hat dadurch Einfluss auf den Occiput-Atlas-Komplex. Ebenso weist Ferguson auf anatomische Verbindungen zu verschiedenen Hirnnerven bzw. Hirnnervenkernen hin.

Über Afferenzen der Mechanorezeptoren und Muskelspindeln im OAA-Komplex gibt es Einfluss auf: N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), N. trigeminus (V), N. abducens (VI), N. vestibularis (VIII), N. glossopharyngeus (IX), N. vagus (X), N. accessorius (XI). Daher können Läsionen im OAA-Komplex das Haltungssystem des Menschen beeinflussen (Ferguson, 2003; Lüftner, 2020).

Martins (2015) erklärt, dass craniale Techniken wegen fehlender wissenschaftlicher Beweise meist in Frage gestellt werden, die CV-4 Technik jedoch weitgehend in klinischen Studien untersucht wurde. Er beschreibt, dass sie sowohl das zentrale als auch das autonome Nervensystem beeinflusst.

Im Gegensatz dazu publizierte Żurowska 2017 ein Systematic Review über die klinische Evidence der CV-4 Technik. In diesem zeigte sich, dass es nur wenige Studien gab, die die Wirkung der CV-4 Technik bestätigen und gleichzeitig Żurowskas Kriterien erfüllten. Diese zeigen aber eine positive Wirkung auf den Blutdruck, Kopfschmerzen und Lower Back Pain auf. Generell kommt Żurowska im Review zum Schluss, dass die Anzahl an ProbandInnen und die verwendeten Messinstrumente limitierende Variablen sind, um die Wirkung der CV-4 Technik zu evaluieren.

Die Studie von Hanten et al. (1999) hat die Kriterien von Żurowska erfüllt. Sie beschreiben sehr gute Resultate bei Kopfschmerzpatienten, gemessen mittels visual analog scala vor und direkt nach der Intervention (CV-4). Als Ergebnis zeigte sich eine signifikante Verbesserung direkt nach der Durchführung der Technik. In seiner Diskussion wirft er allerdings die Frage auf, ob diese durch CV-4 im Speziellen oder manueller Therapie im Allgemeinen erzielt wird. Darauf stützen könnten sich die Datenerhebungen mittels Fragebogen von di Fabio (1992) und Schoensee et al. (1995), die bestätigten, dass manuelle Therapie eine positive Wirkung auf Kopfschmerzen hat.

Die meisten der Studien, die sich mit der CV-4 Technik beschäftigen, untersuchen ihre Auswirkungen auf vegetative und autonome Funktionen.

Curi et al. (2018) beschreiben eine Reduktion des Blutdruckes mittels der CV-4 Technik. Buschatzky (2014) verglich die Wirkung dieser mit Meditation mittels Herzratenvariabilität. Als Ergebnis zeigte sich in der Testgruppe (CV-4 Technik mit Stillpoint) eine eindeutige statistisch signifikante Beeinflussung der parasympathischen Aktivität. In der Kontrollgruppe trat keine Änderung auf.

Eine weitere Studie bezüglich des autonomen Nervensystems wurde 2015 von Cardoso-de-Mello-E-Mello-Ribeiro durchgeführt. Diese stellte allerdings keine Veränderung fest. Bewertet wurden Epinephrin, Nor-Epinephrin und Dopamin mittels Blutabnahme und die Herzfrequenz mittels Stethoskop. In der Diskussion wird erwähnt, dass die Blutwerte auch durch externe Faktoren (Alter, Geschlecht, Ernährungszustand, emotionale Faktoren oder Hitzeeinwirkung) beeinflusst werden bzw. die Messung der Herzfrequenz mit EKG genauer gewesen wäre.

Arienti et al. untersuchten 2020 ebenfalls Auswirkungen auf die Herzfrequenz sowie das Gleichgewicht zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität. Ein Teil der ProbandInnen erhielt eine CV-4 Behandlung, bei einem Teil wurde eine osteopathische Rib Raising Technik durchgeführt und die dritte Gruppe erhielt eine Scheinbehandlung. Bei beiden Behandlungsgruppen konnte, im Gegensatz zur Placebogruppe, eine Senkung der Herzfrequenz festgestellt werden und eine Verschiebung des autonomen Gleichgewichts in einen parasympathischen Bereich. Stepnik et al. führten 2023 eine ähnliche Studie durch. Sie kombinierten in der Interventionsgruppe die CV-4 mit der Rib Raising Technik. Auch hier konnte eine Senkung der Herzfrequenz nachgewiesen werden, was Stepnik et al. als positive Beeinflussung des parasympathischen Nervensystems interpretierten.

Die Auswirkungen von CV-4 auf Angst untersuchten Goering et al. (2021) in einer Studie an Medizinstudenten. Ihre Parameter waren Herzfrequenz, Blutdruck und die Hamilton-Angstskala. Es wurde ein Unterschied in der Herzfrequenz festgestellt, nicht jedoch beim Blutdruck und der Hamilton-Angstskala.

Miana et al. (2012) beschrieben Veränderungen in den Alpha-Frequenzen. Zwischen den Messzeitpunkten vor und nach der Intervention wurde ein Anstieg der absoluten Alpha-Frequenzen festgestellt. Martin et al. haben 2015 ebenfalls eine Studie bezüglich der Auswirkungen von CV-4 auf die Alpha Peak Frequenz durchgeführt. Als ProbandInnen wurden non specific Lower Back Pain Patienten ausgewählt. Hier waren ebenso Veränderungen in der Frequenz messbar und eine körperliche Entspannung konnte beobachtet werden.

Als Kritikpunkt wäre allerdings anzuführen, dass in den meisten dieser Studien bezüglich der CV-4 Technik eine eher geringe ProbandInnenanzahl einbezogen wurde.

Im Hinblick auf diese Masterstudie wurde an der European School of Osteopathy in Kent eine ähnliche Untersuchung durchgeführt.

In seiner Pilotstudie untersuchte Phillips 2012 die Auswirkungen der CV-4 Technik auf die posturale Kontrolle bei asymptomatischen jungen Erwachsenen. Im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten und einfach verblindeten Studie wurden 30 ProbandInnen im Alter zwischen 18 und 29 Jahren gleichmäßig auf eine Testgruppe (CV-4 Technik), eine Kontrollgruppe (Ruhe) und eine Placebogruppe (Berührung ohne Technik) aufgeteilt. Vor und nach der Intervention wurde die posturale Kontrolle mit einer Kraftplattform gemessen, wobei die Schwankungen des Körperschwerpunkts (Center of Pressure) als Parameter dienten.

Aufgrund der kleinen Stichprobengröße war die Studie jedoch mit einem hohen Risiko eines Typ-II-Fehlers (68 %) behaftet, was die Interpretation der Ergebnisse einschränkt. Die Ergebnisse zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Die CV-4 Gruppe wies jedoch im Vergleich zur Kontroll- und Placebogruppe eine größere Reduktion der posturalen Schwankungen auf (-9,91 % gegenüber -5,38 % bzw. +9,43 %). Phillips gibt als wesentliche Limitationen der Studie die geringe Erfahrung des durchführenden Therapeuten, die kleine Stichprobengröße, die Rekrutierung ausschließlich asymptomatischer ProbandInnen, sowie methodische Schwächen und mögliche unbeabsichtigte therapeutische Effekte in der Placebogruppe an. Außerdem wurde nur ein Aspekt der posturalen Kontrolle (posturale Schwankung) untersucht, während andere relevante Dimensionen wie dynamische Stabilität und Reaktion auf Störungen unberücksichtigt blieben.

Pérez Martínez und Sánchez García führten 2022 ebenfalls eine Studie aus, in der sie die Auswirkung der CV-4 Technik auf das propriozeptive System untersuchten. Sie überprüften ihre These mittels des Romberg-Test. Die 30 TeilnehmerInnen dieser Studie waren gesunde Erwachsene zwischen 18 und 45 Jahren ohne neurologische, vestibuläre oder orthopädische Einschränkungen und wurden in eine Experimental- (CV-4 Technik) und eine Kontrollgruppe (keine Intervention) eingeteilt. Nach einer einmaligen Intervention zeigte sich in der Experimentalgruppe eine signifikante Verbesserung der Stabilität im Stand beim Romberg-Test, während bei der Kontrollgruppe keine Veränderungen auftraten. Auch hier wurde die Gruppengröße, die fehlende Langzeitmessung und die Messtechnik als Kritikpunkte aufgeführt.

Beide Studien wurden bei einer eher jungen ProbandInnenpopulation durchgeführt, in der noch keine Auswirkungen auf die posturale Kontrolle vorhanden sein sollten, da die derzeitige Studienlage eher eine Abnahme der posturalen Kontrolle im fortgeschrittenen Alter angibt (Dmitruk et al., 2014; Era et al., 2006). Im Gegensatz dazu sind in dieser Masterarbeit die TeilnehmerInnen bereits in einem Alter, in dem die Reduktion der posturalen Kontrolle nachweisbar sein sollte.

2.5.2 Forschungsergebnisse „Posturale Kontrolle“

Bei Personen ab dem 60. Lebensjahr zeigen Studien, dass die posturale Kontrolle messbar abnimmt.

Dmitruk (2014) untersuchte gesunde ProbandInnen (50 bis 97 Jahre) ohne neurologische, metabolische oder motorische Erkrankungen. Mittels Kraftplattform erhob er Daten für die posturale Kontrolle – mit offenen Augen, mit geschlossenen Augen und mit Biofeedback. Bei allen drei Testvarianten kam es mit zunehmendem Alter zu einer starken Verschlechterung der Messwerte. Dies beschreibt Dmitruk als Abnahme der posturalen Kontrollmechanismen, die sich durch erhöhte Schwankungsneigung und verminderte visuomotorische Koordination zeigt. Era et al. (2006) erhoben Gleichgewichtsdaten bei fast 8000 gesunden Erwachsenen ab 30 Jahren. Es wurden mehrere Standvariationen auf der Kraftmessplatte sowie ein nicht-instrumenteller Feldtest durchgeführt. Bereits im jungen und mittleren Erwachsenenalter traten Unterschiede in der Balance auf. Ab dem 60. Lebensjahr beschleunigte sich der Rückgang der Gleichgewichtsfunktionen allerdings deutlich. Auch Fetz beschreibt beim einbeinigen Schwebestand im Querstand einen signifikanten Leistungsabfall im fünften Lebensjahrzehnt, der im sechsten Lebensjahrzehnt stark signifikant wird (Fetz, 1990, S.103).

In Studien konnte festgestellt werden, dass nicht nur funktionelle Veränderungen im Alter, sondern auch strukturelle Abbauprozesse einzelner Hirnareale die posturale Kontrolle beeinflussen.

Boisgontier et al. (2017) untersuchten die Auswirkung von struktureller Unversehrtheit von Hirnstamm und Basalganglien auf die posturale Kontrolle bei jungen und älteren Erwachsenen. Sie stellten fest, dass altersbedingte Volumenverluste in diesen Bereichen zu einer Verschlechterung der sensorischen Integration, motorischen Planung und automatischen Bewegungssteuerung führten. Zudem beschrieben sie große individuelle Unterschiede im strukturellen Abbau von Hirnstamm und Basalganglien was die unterschiedliche Gleichgewichtsfähigkeit im Alter erklärt. Größere strukturelle Intaktheit der Hirnareale ist also mit einer besseren posturalen Kontrolle assoziiert.

Auch Saling und Phillips (2008) beschrieben die Veränderung der Funktion der Basalganglien im Alter. Sie wiesen auf degenerative Veränderungen hin, die zu einer verminderten Bewegungssteuerung führten. Dadurch wird bei Gleichgewichtsreaktionen eine stärkere kognitive Kontrolle erforderlich und ältere Personen haben vor allem bei dynamischen Prozessen mehr Probleme, das Gleichgewicht aufrechtzuerhalten.

Zahlreiche bereits durchgeführte Studien, die die Veränderung der posturalen Kontrolle untersuchen, beschäftigen sich mit Möglichkeiten, diese zu verbessern.

Ein Ansatz davon sind regelmäßig durchgeführte Trainingsreize bzw. aktive Übungsprogramme, die über einen längeren Zeitraum hinweg angewendet werden.

Eine 16-wöchige Studie mit über 80-Jährigen ProbandInnen untersuchte die Auswirkungen von Training auf das Sturzrisiko. Es zeigte sich, dass kombiniertes Training aus Kraft, Ausdauer und Balance funktionelle Fähigkeiten wie Einbeinstand und Aufstehen (sit-to-stand Test) signifikant verbesserte. Im Vergleich dazu zeigte reines Krafttraining weniger Wirkung. Kombiniertes Training erscheint somit effektiver zu sein zur Sturzprävention im hohen Alter (Ansai et al., 2015).

Sousa et al. (2016) führten eine Studie mit älteren Männern ($69 \pm 4,9$ Jahre) durch. Untersucht wurden die langfristigen Effekte eines 32-wöchigen Aerobic- sowie eines kombinierten Aerobic- und Krafttrainings auf sturzrelevante Parameter. Beide Interventionen führten zu Verbesserungen im Gleichgewicht, Mobilität und Beinkraft gegenüber der Kontrollgruppe.

Die kombinierte Trainingsgruppe zeigte dabei größere Effekte, insbesondere beim Timed Up and Go Test, Functional Reach Test, 30-Sekunden-Stuhlstand und 6-Minuten-Gehtest. Auch diese Steigerungen der Messwerte unterstreichen die Überlegenheit multimodaler Trainingsansätze zur Reduktion von Sturzrisikofaktoren.

Zu ebenso positiven Ergebnissen im Gleichgewichtsbereich (gemessen mit der Berg-Balance-Skala und dem Timed Up and Go Test) sowie im allgemeinen Gesundheitszustand bei Frauen über 65 Jahren gelangte eine Untersuchung von Leirós-Rodríguez und García-Soidán (2014). Hierbei wurde ein sechswöchiges Gleichgewichtstrainingsprogramm in öffentlichen Parks durchgeführt.

Weitere Studien untersuchten den Effekt verschiedener Trainingsgeräte auf Gleichgewichtsfaktoren.

In einer solchen von Chulvi-Medrano et al. (2009) wurden die Auswirkungen eines achtwöchigen Programms mit dem Trainingsgerät T-Bow® auf das Gleichgewicht bei älteren Frauen (über 65 Jahren) untersucht. Die Übungen zielten auf die unteren Extremitäten ab (z. B. Kniebeugen, Ausfallschritte). In der Interventionsgruppe verbesserten sich das statische Gleichgewicht um 35,2 %, das dynamische Gleichgewicht um 12,7 % und das allgemeine Gleichgewicht leicht um 5,9 %.

Ogaya et al. (2011) erforschten die Effekte eines Gleichgewichtstrainings mit Wackelbrettern bei älteren PflegeheimbewohnerInnen ($84,2 \pm 5,9$ Jahre). Über neun Wochen trainierte die Interventionsgruppe zweimal wöchentlich im Stehen auf einem Wackelbrett. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte sich in der Trainingsgruppe eine signifikante Verbesserung der Standzeit auf instabilen Unterlagen sowie eine größere maximale Verschiebungsdistanz des Druckzentrums.

Toulotte et al. verglichen 2012 die Wirksamkeit dreier Trainingsprotokolle zur Verbesserung des Gleichgewichts bei selbstständig lebenden älteren Erwachsenen ($75,1 \pm 10,3$ Jahre) - adaptierte körperliche Aktivität, Wii Fit® sowie eine Kombination aus beiden. Die TeilnehmerInnen wurden zufällig einer der drei Interventionsgruppen oder einer Kontrollgruppe ohne Training zugewiesen. Nach 20 Wochen zeigten alle Interventionsgruppen signifikante Verbesserungen in verschiedenen Gleichgewichtstests (Tinetti-Test, Einbeinstand, Wii Fit®-Tests), wobei adaptiertes Training und Kombinationstraining besonders das dynamische Gleichgewicht stärkten.

Allgemein kann also davon ausgegangen werden, dass unterschiedliche Trainingsreize und -methoden sich positiv auf die posturale Kontrolle auswirken und das Sturzrisiko senken können.

Allerdings wurden auch Studien durchgeführt, die sich mit funktionellen Systemen und potenziellen Einflussfaktoren beschäftigen.

Es gibt Untersuchungen zur Steigerung der posturalen Kontrolle, die sich mit okulomotorischen Übungen befassen. Diese sollen das visuelle und vestibuläre System gezielt stimulieren, um das Gleichgewicht und die Körperstabilität zu fördern.

Morimoto et al. (2011) haben die Wirksamkeit von okulomotorischen Übungen und Blickstabilitätsübungen auf die Haltungsstabilität und die dynamische Sehschärfe (scharfes Sehen während Kopf- oder Augenbewegungen) bei gesunden jungen Erwachsenen untersucht. Gemessen wurden die posturale Stabilität vor und während des ruhigen Stehens, das Stehen mit aktiver Kopfdrehung und die dynamische Sehschärfe. Es wurden bei allen Testkriterien signifikante Verbesserungen festgestellt.

Bonavolontà et al. (2020) führten ebenfalls eine Studie über die Auswirkungen eines spezifischen Augentrainings auf die posturale Kontrolle bei gesunden Erwachsenen durch. Sie analysierten sowohl die kurzfristigen Effekte einer einzelnen Trainingseinheit als auch die langfristigen Effekte eines fünfwöchigen Heimtrainings. Die ProbandInnen wurden in drei Gruppen eingeteilt: eine führte Augenbewegungen im Uhrzeigersinn aus, eine gegen den Uhrzeigersinn, und die dritte Gruppe kombinierte beide Richtungen. Die Ergebnisse zeigten, dass bereits eine einzelne Trainingseinheit zu signifikanten Verbesserungen der posturalen Kontrolle führte, insbesondere in den Gruppen mit nur einer Bewegungsrichtung. Langfristig konnten alle Gruppen Verbesserungen aufzeigen, wobei wiederum die Gruppen mit einheitlicher Bewegungsrichtung deutlichere Fortschritte aufwiesen als die kombinierte Gruppe.

Auch manualtherapeutische und osteopathische Behandlungen haben positive Effekte auf die posturale Kontrolle gezeigt.

Bernal-Utrera et al. (2021) haben bei PatientInnen mit Non-specific chronic neck pain mit dem Overall Balance Index festgestellt, dass manuelle Therapie - in Form von cervikaler artikulärer Mobilisation, Thrusts der oberen BWS bis TH4 und suboccipitale Muskelinhibition - aber auch therapeutische Übungen - die posturale Kontrolle verbessern, im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Buscemi et al. (2017) untersuchten den Einfluss einer einmaligen osteopathischen Behandlung auf die posturale Kontrolle bei gesunden jungen Erwachsenen. Die Interventionsgruppe erhielt eine 45-minütige osteopathische Behandlung, die einem globalen osteopathischen Ansatz folgte (myofasziale, viszerale, craniosacrale, Strain-Counterstrain- und Muskel-Energie-Techniken). Die Kontrollgruppe ruhte sich 45 Minuten lang aus. Die posturale Kontrolle wurde vor und nach der Intervention mittels Kraftmessplatte erfasst. Die behandelte Gruppe zeigte im Gegensatz zur Kontrollgruppe signifikante Verbesserungen in allen Parametern. Buscemi et al. schlussfolgerten, dass osteopathische Interventionen die neuromuskuläre Kontrolle beeinflussen und somit das Gleichgewicht verbessern können.

2.6 *Forschungsfragen und Hypothesen*

2.6.1 Forschungsfrage

„Hat die Anwendung der CV-4 Technik bei Erwachsenen ab 60 Jahren im Vergleich zu einem Placebo Griff am Schädel einen Einfluss auf die posturale Kontrolle?“

2.6.2 Nullhypothese (H0)

H0(1): Es gibt durch die Anwendung der CV-4 Technik keinen Einfluss auf das Bewegungsausmaß gemessen anhand des Functional Reach Tests bei Erwachsenen über 60 Jahren im Vergleich zum Messzeitpunkt 1.

H0(2): Es gibt durch die Anwendung der CV-4 Technik keinen Einfluss auf das Bewegungsausmaß gemessen anhand des Y Balance Tests bei Erwachsenen über 60 Jahren im Vergleich zum Messzeitpunkt 1.

2.6.3 Alternativhypothese (H)

H(1): Es gibt durch die Anwendung der CV-4 Technik einen Einfluss auf das Bewegungsausmaß gemessen anhand des Functional Reach Tests bei Erwachsenen über 60 Jahren im Vergleich zum Messzeitpunkt 1.

H(2): Es gibt durch die Anwendung der CV-4 Technik einen Einfluss auf das Bewegungsausmaß gemessen anhand des Y Balance Tests bei Erwachsenen über 60 Jahren im Vergleich zum Messzeitpunkt 1.

3. Methodik

3.1 Forschungsdesign

Es wurde eine quantitative randomisierte Studie durchgeführt mit between-subject Design. Die Einteilung der ProbandInnen geschah mittels Blockrandomisierung in eine Experimental- und eine Kontrollgruppe. Am Beginn wurden die Testverfahren für die posturale Kontrolle durchgeführt, dann sofort die Intervention gesetzt und anschließend die Re-Tests. Danach fanden die Datenauswertung und Ausarbeitung statt.

3.2 Stichprobenbeschreibung

3.2.1 Einschlusskriterien

Das Einschlusskriterium für diese Studie umfasste Erwachsene über 60 Jahren, da ab diesem Alter ein messbarer Verlust der posturalen Kontrolle beobachtet werden kann (Era et al., 2006; Dmitruk et al., 2014). Die Überprüfung dieses Kriteriums erfolgte durch Ausweiskontrolle.

3.2.2 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien umfassten PatientInnen mit neurologischen Erkrankungen, da bei diesen möglicherweise Veränderungen im afferenten und efferenten System vorliegen, die die posturale Kontrolle beeinflussen können (Turbanski, 2005). Dieses Kriterium wurde durch die Befragung der StudienteilnehmerInnen mittels eines Fragebogens (Anamnesebogen siehe Anhang A) überprüft.

Des Weiteren wurden StudienteilnehmerInnen mit akuten oder chronischen Schmerzen in dieser Studie ausgeschlossen, da Schmerzen zu möglichen Veränderungen im afferenten und efferenten System sowie zu einem pathologischen Verlust der posturalen Kontrolle führen können (Efsthathiou et al., 2022; Moseley et al., 2005). Auch dieses Kriterium wird durch die Befragung der StudienteilnehmerInnen mittels des Fragebogens überprüft.

3.2.3 Abbruchkriterien

Die Durchführung der Testung bzw. Behandlung wurde abgebrochen bei ProbandInnen:

- die nicht fähig waren, den Y Balance Test nach den vorgegebenen Richtlinien auszuführen
- die nicht fähig waren, den Functional Reach Test auszuführen
- bei denen durch die CV-4 Behandlung Symptome auftraten oder deren Zustand sich verschlechterte

3.2.4 Stichprobengröße und -ziehung

Als Stichprobengröße waren jeweils 17 ProbandInnen pro Gruppe geplant - männliche und weibliche im Alter ab 60 Jahren. Die ProbandInnenanzahl wurde mittels g*Power berechnet. Als Effektgröße wurde 0,25 verwendet (laut Cohen ein mittlerer Effekt), da bis jetzt keine Studie für diese Forschungsfrage durchgeführt wurde und dadurch keine Referenzwerte vorhanden waren. Als Alpha-Fehler wurde 0,05 angenommen und als Power-Wert 0,8. Da die Testmethode geschlechtsunspezifisch ist, waren alle ProbandInnen für die Testung geeignet. Kim et al. (2010) beschreiben nur in mediolateraler Richtung Unterschiede beim Gleichgewichtstest zwischen Männern und Frauen. In anteroposteriorer Richtung gibt es nur Unterschiede in den Altersgruppen. Es wurden mittels Mundpropaganda und Schneeballsystem mindestens 34 ProbandInnen gesucht. Zusätzlich wurde eine Studienbeschreibung mit weiteren Informationen aufgelegt (siehe Anhang B). Diese wurden mittels Blockrandomisierung in die Interventions- und Kontrollgruppe eingeteilt.

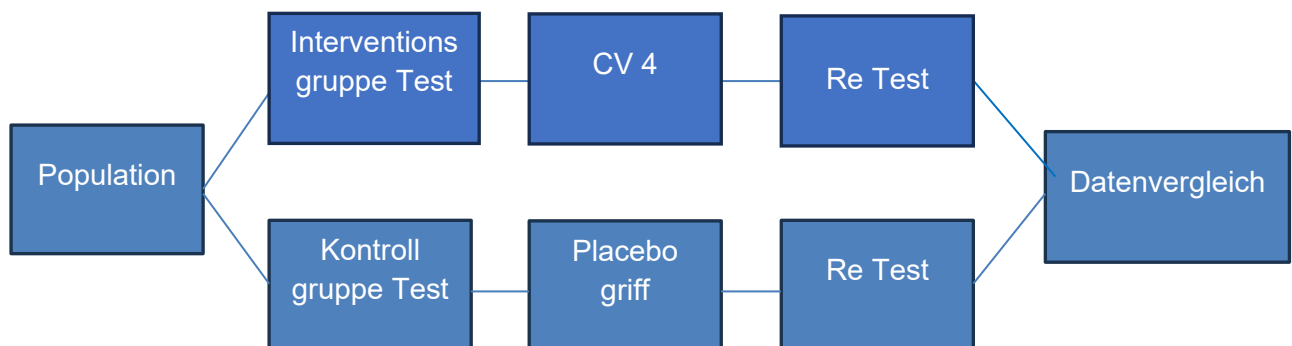
3.3 Studienablauf

Der Studienablauf wurde folgendermaßen durchgeführt (siehe Abbildung 2):

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Population randomisiert in zwei Gruppen unterteilt: eine Interventionsgruppe sowie eine Kontrollgruppe. Die ProbandInnen der Interventionsgruppe erhielten eine Anwendung mittels der CV-4 Technik, während die TeilnehmerInnen der Kontrollgruppe einer Placebo-Intervention unterzogen wurden, die den äußeren Rahmen einer Behandlung nachahmte, jedoch keine therapeutische Wirkung entfaltete.

Zur Erhebung der Ausgangswerte erfolgte zunächst ein Pre-Test, bei dem die Messparameter - Functional Reach Test und Y Balance Test - standardisiert erfasst wurden. Nach Abschluss der Behandlungsphase erfolgte ein Re-Test, um mögliche Veränderungen zu messen. Die im Pre- und Re-Test erhobenen Daten wurden anschließend innerhalb der Gruppen sowie zwischen den Gruppen statistisch verglichen, um die Effekte der CV-4 Technik gegenüber der Placebobehandlung differenziert zu analysieren. Dies diente dazu, die Effektivität der angewendeten Intervention objektiv zu beurteilen

Abbildung 2
Studienablauf



3.4 Test-Parameter und Durchführung

Als primäre Erhebungsinstrumente wurden zwei Tests verwendet: der Y Balance Test und der Functional Reach Test.

Der Y Balance Test (Pilsky et al., 2006) wurde zur Messung des Bewegungsausmaßes in Zentimetern verwendet. Die Validität dieses Tests wird durch einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,85$ bis $0,92$ (Coughlan et al., 2012) bestätigt. Die Reliabilität des Tests zeigt eine hohe Intrarater-Reliabilität mit einer Intraklassenkorrelation (ICC) von $0,85$ bis $0,91$ sowie eine Interrater-Reliabilität von $0,99$ bis $1,00$ (Pilsky et al., 2006).

Der Functional Reach Test (Duncan et al., 1990) misst ebenfalls das Bewegungsausmaß in Zentimetern. Die Validität dieses Tests wird durch eine Sensitivität von 30% und eine Spezifität von 90% (Behrman et al., 2002) unterstützt, wobei ein ICC von $0,92$ für die Reliabilität angegeben wird (Duncan et al., 1990).

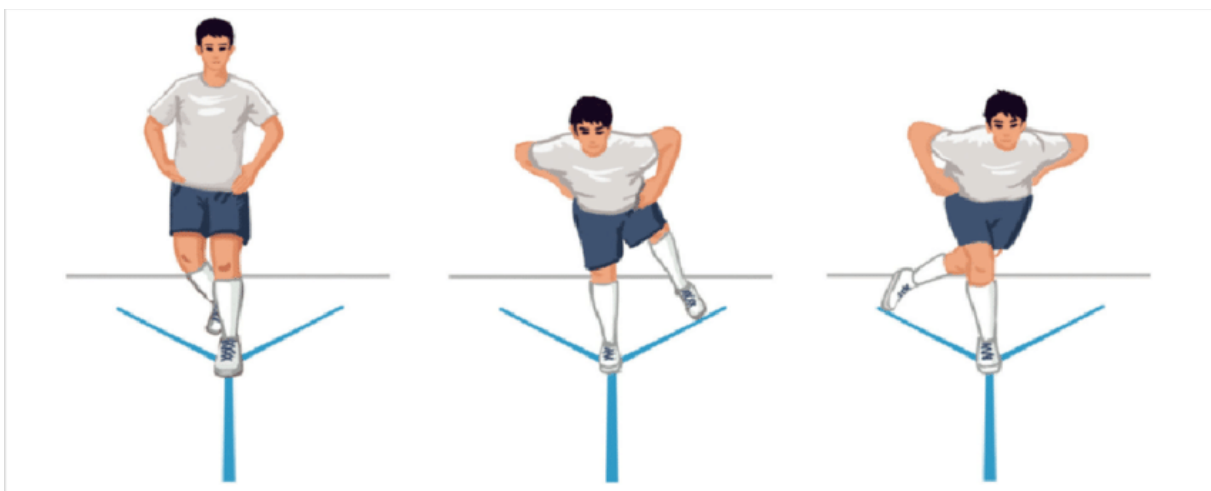
Zudem wurden das Alter der StudienteilnehmerInnen in Jahren erfasst und das Geschlecht in den Kategorien „weiblich“, „männlich“, „divers“, „inter“, „offen“ angegeben.

Vorerkrankungen konnten durch ein offenes Antwortformat ermittelt werden. Diese Daten wurden durch die Befragung mittels eines Befundbogens erfasst.

3.4.1 Y Balance Test

Der Y Balance Test ist ein klinischer Test, der verwendet wird, um die funktionelle Beweglichkeit, Stabilität und symmetrische Bewegungskontrolle bei Personen zu bewerten.

Abbildung 3
Y Balance Test



(Guo et al., 2021)

Bei der Durchführung des Tests für diese Studie wurden - aus Kostengründen - statt dem Test Kit Tapestreifen am Boden verwendet, was auch Klingenberg (2015) als Testmethode beschreibt (siehe Abbildung 3). Der Aufbau der ursprünglichen Testausführung (Plisky et al., 2009) ist als Anhang C beigefügt. Es wurden drei Klebebandstreifen Y-förmig auf dem Boden ausgelegt. Die Winkel zwischen dem vorderen Streifen und den beiden hinteren Streifen betragen 135° und zwischen den beiden hinteren Streifen 45° . Die Tapestreifen hatten Markierungen im Abstand von 5mm.

Der/die ProbandIn stand mit dem rechten Bein mittig auf dem zentralen Punkt der Linien – die Position der Spitze des Großzehen wurde markiert.

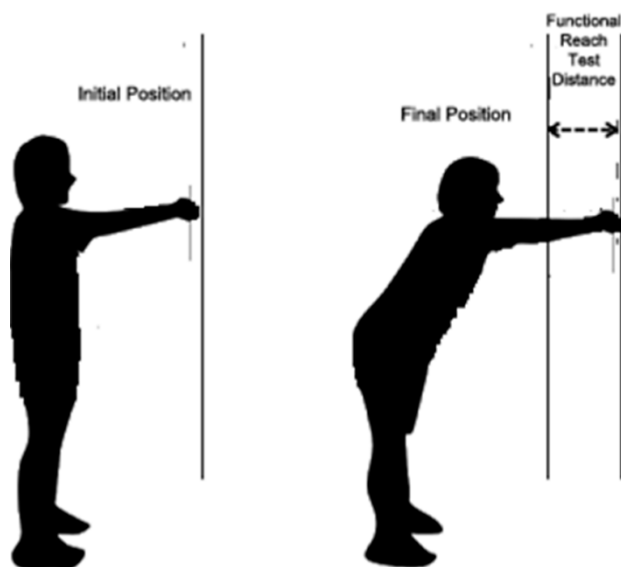
Der/die ProbandIn wurde aufgefordert mit der Zehenspitze des linken Fußes so weit entfernt wie möglich die Linie zu berühren ohne Gewichtsbelastung und ohne umzufallen. Es durften pro Richtung 3 Probeversuche absolviert werden. Anschließend wurden 3 gültige Messungen durchgeführt (notiert wurde die Distanz zwischen Schnittpunkt der Linien und Zehenkontakt) und der Mittelwert notiert.

Da für die Studie nicht der Wert der posturalen Kontrolle ausschlaggebend war, sondern die Differenz vor und nach der Behandlung wurde der Y Balance Test nur mit einem Bein durchgeführt. Bei allen PobantInnen wurde das rechte Bein als Standbein definiert.

3.4.2 Functional Reach Test

Der Functional Reach Test (siehe Abbildung 4) ist eine klinische Testmethode, die verwendet wird, um die Balance und das Gleichgewicht bei Personen zu messen (Duncan et al.,1990).

Abbildung 4
Functional Reach Test



(Pires et al., 2020)

Für diese Studie wurde der Test - zur genaueren Datenbestimmung - modifiziert nach Kage et al. (2009) und Rosa et al. (2019) durchgeführt. Die Beschreibung der ursprünglichen Ausführung nach Duncan et al. (1990) befindet sich im Anhang D.

Auf unterschiedlichen Höhen (im Abstand von 5 cm) wurden waagrechte Linien mit Zentimetermaßangaben auf die Wand aufgeklebt. Die Linie sollte sich anschließend auf Höhe des Acromions der Testperson befinden. Der/die ProbandIn stand auf einer Markierung am Boden (Klebestreifen bei der Ferse). Er/Sie wurde aufgefordert den Arm zu heben (etwa 90°). Dann versuchte er/sie so weit wie möglich nach vorne zu reichen, ohne einen Schritt zu machen oder das Gleichgewicht zu verlieren. Die Finger sollten sich dabei noch immer auf der gleichen Linie befinden, jedoch ohne die Wand zu berühren. Es wurde der Wert abgelesen und die Differenz zum Ausgangspunkt notiert. Dieser befand sich in vertikaler Verlängerung zur Bodenmarkierung auf Höhe des Acromions. Es wurden 3 gültige Versuche durchgeführt und der Mittelwert berechnet.

3.5 Intervention

3.5.1 Intervention in der Versuchsgruppe: CV-4 Technik

Die Behandlung der ProbandInnen erfolgte einmalig, da der direkte Effekt der CV-4 Technik gemessen werden sollte.

Die CV-4 Technik wurde nach der Anleitung von Liem (2018, S. 537-538) durchgeführt. Er beschreibt sie folgendermaßen:

- **Ausgangsstellung**

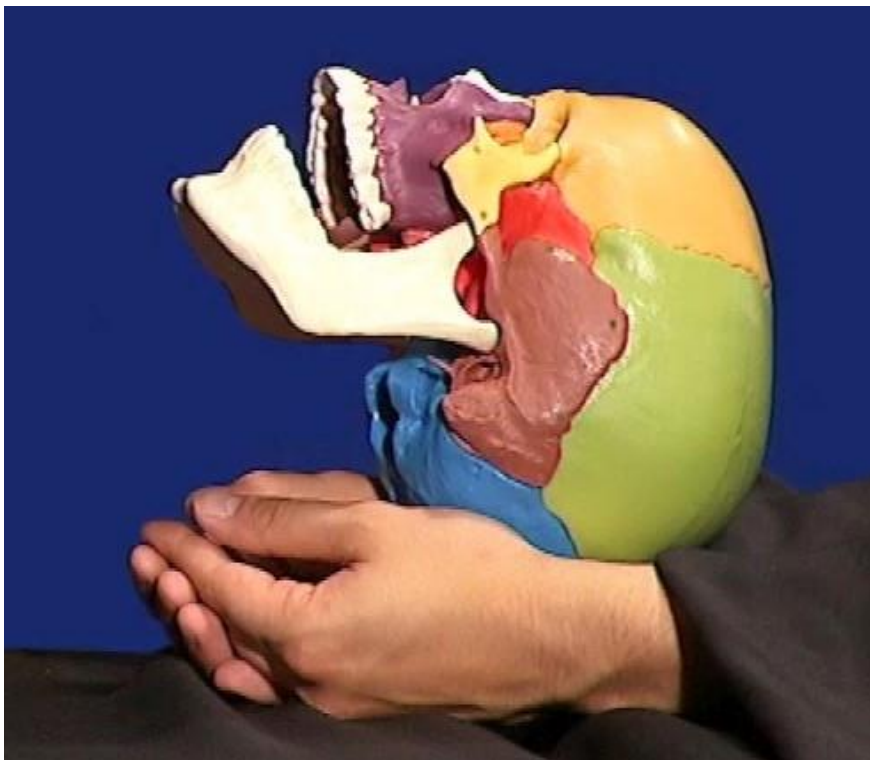
Der/die ProbandIn befindet sich in Rückenlage auf der Liege. Der/die TherapeutIn sitzt am Kopfende. Er/Sie legt die Hände ineinander und bildet mit den Daumen ein V, wobei sich die Daumenspitzen berühren. Diese sollen auf der Höhe der Proc. spinosus von C2/C3 liegen und nach caudal zeigen. Die Daumenballen befinden sich an der Squama occipitalis. (siehe Abbildung 5)

- **Strukturell-funktionelle Ausführung**

Bei der Expirationsphase findet die Innenrotation der Squama occipitalis statt, der der/die TherapeutIn mit seinem Daumenballen folgt ohne eine Intervention zu setzen. Bei der anschließenden Inspirationsphase wird die Außenrotation durch Druck an der Squama occipitalis verhindert. Dies wird einige Atemzyklen weiterhin im gleichen Rhythmus (Folgen in der Inspiration - Druckaufbau/Verhindern der Bewegung in der Expiration) durchgeführt bis der Druck des Schädels in der Inspirationsphase nachlässt. Der Stillpunkt tritt damit auf und die Flexions-Extensionsbewegung des Schädels ist zur Ruhe gekommen.

Der/die TherapeutIn lässt seine/ihre Hände noch am Occiput und folgt möglichen kleinen Bewegungen der Nackenmuskulatur. Diese treten durch die Entspannung/Entwischung von Faszien, Muskulatur und Knochen auf. Der Stillpunkt kann von einigen Sekunden bis zu mehreren Minuten andauern. Dabei kann es zur Vertiefung der Atmung, zur Senkung des Muskeltonus, zum Einschlafen der Probandin/des Probanden oder zur Schweißbildung auf der Stirn kommen. Am Ende des Stillpunktes wird ein kräftiger, gleichmäßiger Druck - in Richtung Außenrotation beidseits am Os occipitale - an den Daumenballen des Therapeuten/der Therapeutin spürbar. Diesem Impuls folgt der/die TherapeutIn ohne weitere Intervention und beobachtet die Qualität des stattfindenden Rhythmus. Er/Sie entscheidet ob diese gut genug ist oder ob er/sie einen neuen Stillpunkt setzen möchte.

Abbildung 5
CV-4 Technik



(Sandrowski, 2024)

3.5.2 Intervention in der Kontrollgruppe: Placebogriff

Der generelle Ablauf war gleich wie in der Interventions-Gruppe. Bei der Placebo Behandlung wurde nur der Griff minimal verändert und es wurde kein therapeutischer Impuls gesetzt. Der Therapeut saß ebenfalls am Kopfende, der/die ProbandIn befand sich in Rückenlage. Die Hände des Therapeuten lagen ohne Druck auf dem Occiput. Die craniosacralen Zyklen wurden dabei nicht beachtet. Diese Position wurde ungefähr 10 Minuten gehalten. Das Verhindern der Schädelbewegung in der Inspirationsphase ist ein wichtiger Bestandteil der CV-4 Technik um einen Stillpunkt zu erreichen (Liem, 2007). Dies wurde mit dem Placebogriff nicht durchgeführt. Dadurch eignete sich dieser für die Scheinbehandlung, da er keinen Einfluss auf den vierten Ventrikel hatte. Dauer der Behandlung und Setting waren gleich wie bei der CV-4 Technik-Anwendung.

3.5.3 Verblindung

Durch die minimalen Änderungen und die gleiche Ausgangsposition war der Unterschied für die ProbandInnen kaum merkbar und die Verblindung war so garantiert. Die Test- und Behandlungstermine wurden so vergeben, dass nur ein/e ProbandIn in der Praxis anwesend war. Die Testdurchführung und die Intervention wurden von zwei unabhängigen Therapeuten durchgeführt. Die Therapeutin, die die Testungen vornahm wusste nicht, welcher Gruppe der/die ProbandIn zugeordnet war und der Therapeut, der die Intervention durchführte, kannte die Messergebnisse nicht. Dadurch wurde auch hier eine Verblindung garantiert.

3.6 Personal

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Aufgaben von qualifizierten Fachkräften durchgeführt. Die ProbandInnenaufklärung und die Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien übernahm Arjen Twiest, ein Physiotherapeut mit 20 Jahren Erfahrung und sechsjähriger osteopathischer Ausbildung mit absolvierter Abschlussprüfung an der Wiener Schule für Osteopathie. Zudem war er für die osteopathische Intervention und die Placebobehandlung verantwortlich.

Die Testdurchführung erfolgte durch Petra Twiest, eine Physiotherapeutin mit über 20 Jahren Erfahrung. Die Auswertung der erhobenen Daten wurde ebenfalls von Arjen Twiest durchgeführt.

3.7 *Datenschutz*

Der Datenschutz wurde in dieser Studie umfassend gewährleistet. Zunächst wurden detaillierte Informationen zur Studie bereitgestellt und Einverständniserklärungen der TeilnehmerInnen eingeholt (siehe Anhang E). Um die Anonymität zu sichern, wurden alle persönlich identifizierbaren Informationen aus den Daten entfernt und durch Codes ersetzt, sodass die Identität der TeilnehmerInnen geschützt blieb. Die Speicherung der Daten erfolgte ausschließlich auf einem verschlüsselten Laptop, um deren Sicherheit zu gewährleisten. Zudem wurde den TeilnehmerInnen versichert, dass ihre Daten vertraulich behandelt und ausschließlich für den festgelegten Forschungszweck verwendet werden.

4. Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistiken der Ergebnisse

Die Datenverarbeitung wurde mittels IBM SPSS Statistics durchgeführt.

- **Altersverteilung ProbandInnen**

Das durchschnittliche Alter der Gesamtpopulation der ProbandInnen betrug 68,56 Jahre mit einer Standardabweichung (SD) von 5,79. Die jüngste Probandin war 60 Jahre alt, die älteste Probandin war 82 Jahre alt. In der CV-4 Gruppe lag der Mittelwert bei 68,06 Jahren (Stichprobengröße (N) = 17) mit einer Standardabweichung von 5,73 Jahren, während in der Placebo-Gruppe der Mittelwert bei 69,06 Jahren (N = 17) mit einer Standardabweichung von 5,97 Jahren lag.

- **Geschlechtsverteilung ProbandInnen**

Tabelle 1 zeigt die Geschlechterverteilung der ProbandInnen in der Studie.

Insgesamt nahmen 34 Personen teil, wobei die Verteilung wie folgt ausfiel:

männlich: 13 Personen, was 38,2 % der Gesamtstichprobe entsprach

weiblich: 21 Personen, was 61,8 % der Gesamtstichprobe entsprach

Die Gesamtzahl der ProbandInnen betrug 34, was 100 % repräsentierte. Diese Verteilung bildete die Grundlage für die Analyse der Mittelwerte und der Gruppenzugehörigkeit (CV-4 und Placebo).

Tabelle 1
Geschlechterverteilung

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Männlich	13	38,2
Weiblich	21	61,8
Gesamt	34	100,0

- **Mittelwerte Y Balance Test vorne, Y Balance Test links hinten, Y Balance Test rechts hinten und Functional Reach Test Zeitpunkt Anfang**

Der Levene-Test zur Prüfung der Varianzgleichheit zu Beginn der Testung zeigte für den Y Balance Test vorne, den Y Balance Test hinten links, den Y Balance Test hinten rechts sowie den Functional Reach Test eine Varianzhomogenität, da die Signifikanzwerte (p-Werte) alle über 0,05 lagen.

Der Shapiro-Wilk-Test (Tabelle 2) zur Überprüfung der Normalverteilung zu Beginn der Testung für die Variablen Alter, Y Balance Test vorne, Y Balance Test hinten links, Y Balance Test hinten rechts und Functional Reach Test zeigte keine signifikanten Abweichungen von der Normalverteilung, da für alle Variablen die p-Werte über 0,05 lagen.

Tabelle 2
Shapiro-Wilk-Test

Variable	N	Signifikanz
Y Balance Test vorne	34	0,178
Y Balance Test hinten links	34	0,522
Y Balance Test hinten rechts	34	0,730
Functional Reach Test	34	0,586
Alter	34	0,189

Anmerkung: N=Stichprobengröße

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Variablen Alter, Y Balance Test vorne, Y Balance Test hinten links, Y Balance Test hinten rechts und Functional Reach Test der CV-4- und Placebogruppe zur Baseline-Messung ersichtlich.

Es wurde ein T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Basierend auf dem Mittelwert und der Standardabweichung gab es keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zum Anfangszeitpunkt der Testungen.

Tabelle 3*Mittelwerte und Standardabweichungen*

Variable	Gruppe	N	Mittelwert	SD
Y Balance Test vorne 1	CV-4	17	65,612	8,5400
	Placebo	17	66,424	7,8507
Y Balance Test hinten links 1	CV-4	17	71,194	12,8474
	Placebo	17	69,212	8,2046
Y Balance Test hinten rechts 1	CV-4	17	62,300	17,5564
	Placebo	17	61,924	10,5749
Functional Reach Test 1	CV-4	17	112,729	6,9561
	Placebo	17	113,812	6,2846
Alter	CV-4	17	68,06	5,7390
	Placebo	17	69,06	5,9740

Anmerkung: N = Stichprobengröße, Mittelwerte und SD (Standardabweichung) sind in Zentimetern angegeben

- **T-Test Alter, Y Balance Test und Functional Reach Test zum Ausgangszeitpunkt**

Der zweiseitige T-Test zeigte zu Beginn der Messung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Für die einzelnen Messwerte ergaben sich folgende p-Werte: Der Y Balance Test vorne hatte einen p-Wert von 0,775, der Y Balance Test hinten links einen p-Wert von 0,596, der Y Balance Test hinten rechts einen p-Wert von 0,940 und der Functional Reach Test einen p-Wert von 0,637. Das Alter der TeilnehmerInnen ergab einen p-Wert von 0,622.

4.2 Analyse der CV-4 Behandlungseffekte auf die posturale Kontrolle

- **Y Balance Test vorne**

Eine ANOVA mit Messwiederholung beim Y Balance Test vorne zeigte keine signifikante Wechselwirkung Zeitpunkt x Gruppe ($F= 0,059$ $p= 0,810$). Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt Zeitpunkt ($F= 21,2$ $p= < 0,001$) und Gruppe ($F= 0,046$ $p= 0,832$).

Unabhängig von der Art der Intervention zeigte sich bei allen ProbandInnen eine signifikante Verbesserung von der Baseline-Messung zur Messung nach der Intervention. In der CV-4 Gruppe stieg der Mittelwert von 65,6cm (SD = 8,54cm) bei der Baseline-Messung auf 69,5cm (SD = 9,83cm) nach der Intervention. Ebenso erhöhte sich in der Placebo-Gruppe der Mittelwert von 66,4cm (SD = 7,85cm) auf 69,9cm (SD = 8,53cm) (Tabelle 4-5).

- **Y Balance Test hinten links**

Eine ANOVA mit Messwiederholung bei Y Balance Test hinten links zeigte beim Haupteffekt Zeitpunkt ($F= 9,126$ $p= 0,005$) einen signifikanten Effekt, aber keine signifikante Wechselwirkung Zeitpunkt x Gruppe ($F= 0,912$ $p=0,347$) und keinen signifikanten Haupteffekt Gruppe ($F= 0,072$ $p= 0,790$).

Unabhängig von der durchgeführten Intervention zeigte sich bei allen ProbandInnen eine signifikante Verbesserung von der Baseline-Messung zur Messung nach der Intervention. Dies wurde durch die folgenden Mittelwerte und Standardabweichungen belegt: In der CV-4 Gruppe stieg der Mittelwert von 71,1cm (SD = 12,84cm) bei der ersten Messung auf 73,28cm (SD = 13,69cm) bei der zweiten Messung. In der Placebo-Gruppe erhöhte sich der Mittelwert von 69,2cm (SD = 8,20cm) auf 73,2cm (SD = 13,69cm) (Tabelle 4-5).

- **Y Balance Test hinten rechts**

Eine ANOVA mit Messwiederholung beim Y Balance Test hinten rechts zeigte keine signifikante Wechselwirkung Zeitpunkt x Gruppe ($F= 0,013$ $p = 0,911$). Es zeigte sich ein signifikanten Haupteffekt Zeitpunkt ($F= 16,171$ $p= < 0,001$) und Gruppe ($F= 0,111$ $p= 0,918$).

Unabhängig von der Art der Intervention zeigten alle ProbandInnen eine signifikante Verbesserung von der Baseline-Messung zur Messung nach der Intervention. In der CV-4 Gruppe erhöhte sich der Mittelwert von 62,3cm (SD = 17,55cm) bei der Baseline-Messung auf 67,1cm (SD = 18,6cm) nach der Intervention. In der Placebo-Gruppe stieg der Mittelwert von 61,9cm (SD = 10,57cm) auf 67,1cm (SD = 18,6cm) (Tabelle 4-5).

Die Ergebnisse aller drei Bewegungsrichtungen des Y Balance Test weisen auf eine allgemeine Verbesserung hin, unabhängig von der zugeordneten Behandlungsgruppe.

- **Functional Reach Test**

Eine ANOVA mit Messwiederholung beim Functional Reach Test zeigte keine signifikante Wechselwirkung Zeitpunkt x Gruppe ($F= 2,106$ $p = 0,156$) und keinen signifikanten Haupteffekt Zeitpunkt ($F= 1,551$ $p= 0,221$) und Gruppe ($F=0,101$ $p= 0,920$).

In der CV-4 Gruppe stieg der Mittelwert leicht von 112,7cm (SD = 6,9cm) bei der Baseline-Messung auf 112,8cm (SD = 8,1cm) nach der Intervention. In der Placebo-Gruppe hingegen reduzierte sich der Mittelwert geringfügig von 113,8cm (SD = 6,2cm) auf 112,2cm (SD = 8,3cm) (Tabelle 4-5). Es zeigte sich daher kein signifikanter Unterschied zwischen der Baseline-Messung und der Messung nach der Intervention.

Tabelle 4
Ergebnisse CV-4 Gruppe

Variable	N gültig	N fehlend	Mittelwert	SD
Alter (Jahre)	17	0	68,080	5,7390
Y Balance Test vorne 1	17	0	65,612	8,5400
Y Balance Test vorne 2	17	0	69,547	9,8365
Y Balance Test hinten links 1	17	0	71,194	12,8470
Y Balance Test hinten links 2	17	0	73,288	13,6920
Y Balance Test hinten rechts 1	17	0	62,300	17,5564
Y Balance Test hinten rechts 2	17	0	67,165	18,6175
Functional Reach Test 1	17	0	112,729	6,9561
Functional Reach Test 2	17	0	112,847	8,1786

Anmerkung: N gültig = Anzahl der in die Auswertung einbezogenen Messwerte, N fehlend = Anzahl fehlender Werte, Mittelwert und SD (Standardabweichung) sind in Zentimetern dargestellt

Tabelle 5
Ergebnisse Placebo Gruppe

Variable	N gültig	N fehlend	Mittelwert	SD
Alter	17	0	69,060	5,9740
Y Balance Test vorne 1	17	0	66,424	7,8507
Y Balance Test vorne 2	17	0	69,965	8,5399
Y Balance Test hinten links 1	17	0	69,212	8,2046
Y Balance Test hinten links 2	17	0	73,241	9,9506
Y Balance Test hinten rechts 1	17	0	61,924	10,5749
Y Balance Test hinten rechts 2	17	0	66,524	10,3611
Functional Reach Test 1	17	0	113,812	6,2846
Functional Reach Test 2	17	0	112,271	8,3569

Anmerkung: N gültig = Anzahl der in die Auswertung einbezogenen Messwerte, N fehlend = Anzahl fehlender Werte, Mittelwert und SD (Standardabweichung) sind in Zentimetern dargestellt

In den nachfolgenden Abbildungen 6 bis 9 sind die Werte der einzelnen TeilnehmerInnen beider Gruppen vor und nach der Intervention abgebildet. Zur Verblindung wurde jeder/m ProbandIn eine zufällige Nummer zugeordnet. Die Y-Achsen beginnen zur besseren Darstellbarkeit nicht bei Null Zentimetern, sind aber für die jeweilige Testung in beiden Gruppen gleich definiert. Die numerische Auflistung aller Daten befindet sich im Anhang F.

Abbildung 6
Werte Y Balance Test vorne

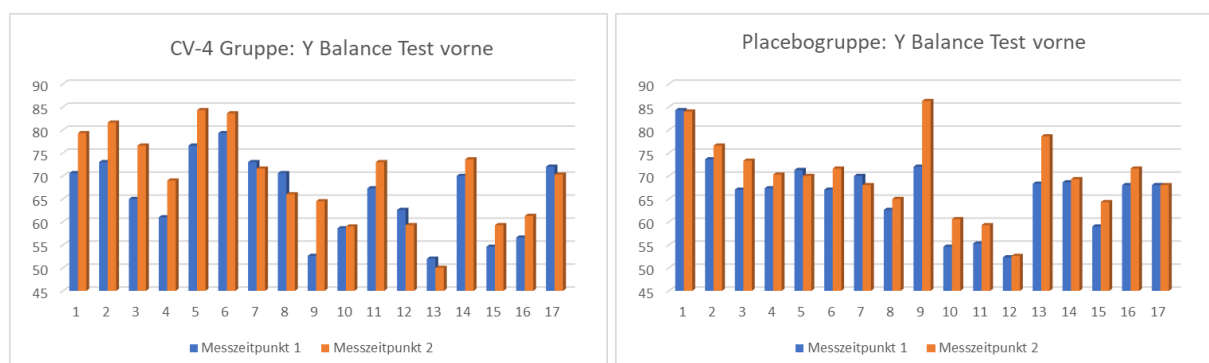


Abbildung 7
Werte Y Balance Test hinten links

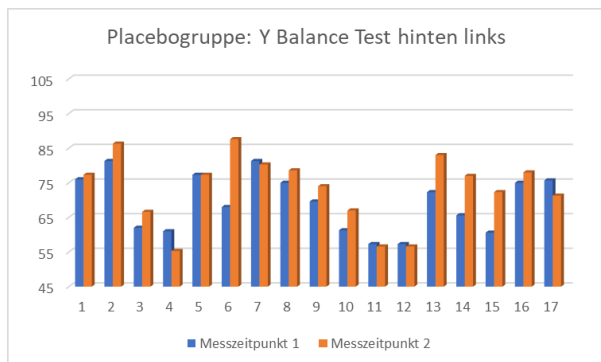
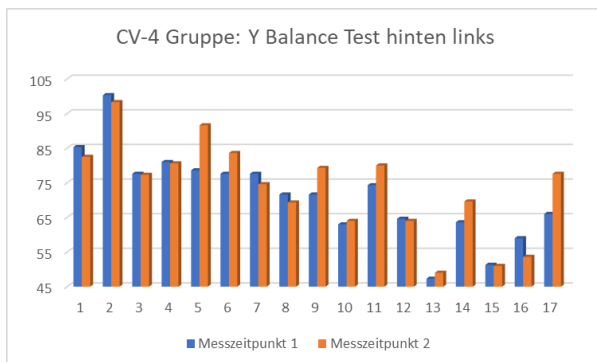


Abbildung 8
Werte Y Balance Test hinten rechts

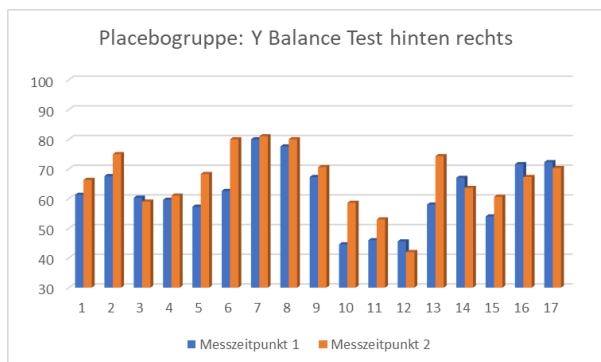
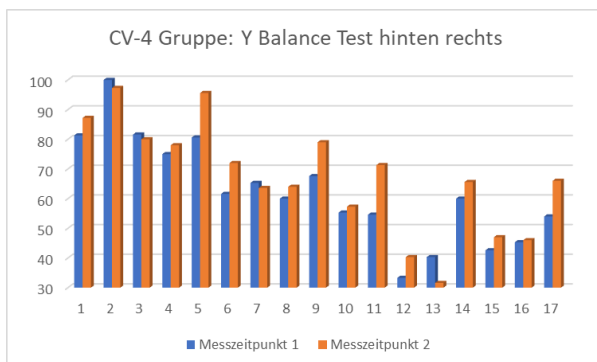
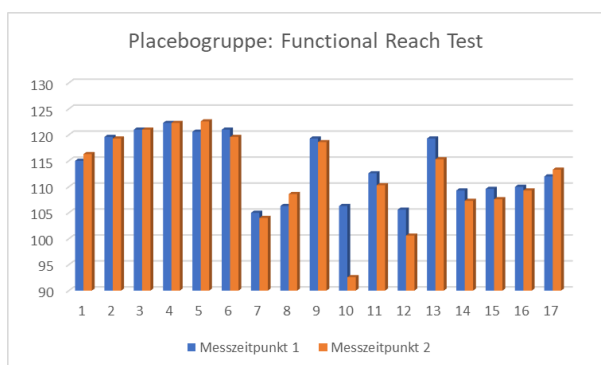
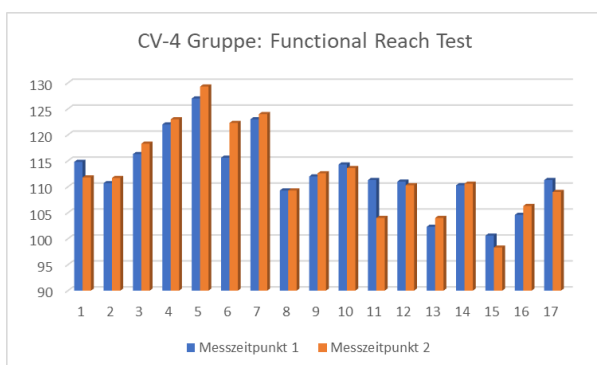


Abbildung 9
Werte Functional Reach Test



Anmerkung Tabelle 6-9: x-Achse bildet die codierte Nummer des/der TeilnehmerIn der jeweiligen Gruppe ab, y-Achse beschreibt das Bewegungsausmaß in Zentimetern

4.3 Explorative Analyse einiger ProbandInnen-Daten

Bei einigen TeilnehmerInnen bzw. Gruppen dieser Studie traten Besonderheiten in der Datenauswertung auf.

In der CV-4 Gruppe verbesserten sich bei vier ProbandInnen alle vier Messwerte, in der Placebo Gruppe war dies nur bei einer Person der Fall.

In der CV-4 Gruppe konnten zusätzlich zwei TeilnehmerInnen alle YBT Werte steigern, der Wert beim FRT nahm allerdings ab. In der Placebo Gruppe zeigten sechs Personen Steigerungen in allen YBT Richtungen auf mit Verschlechterungen beim FRT.

Eine Probandin mit einer LWS-OP (L4/5 Versteifung nach Bandscheibenprolaps) (P Nr. 10) wies bei allen Testungen des YBT starke Verbesserungen auf, allerdings eine massive Verschlechterung (-13,7 cm) beim FRT. In der CV-4 Gruppe gab es ebenfalls eine Probandin (CV-4 Nr. 11) mit einer starken Verschlechterung des FRT (-7,3 cm). Auch sie wies deutlich gesteigerte Werte bei allen drei YBT Werten auf. Diese Person gab keinerlei Operation an, jedoch eine Erkrankung des linken Auges.

Nur eine Probandin der Placebo-Gruppe (P Nr. 17) verschlechterte sich bei allen drei Testungen im YBT, verbesserte sich allerdings beim FRT. Sie gab im Fragebogen eine HWS-Operation (C1-Versteifung nach Autounfall) an. In der CV-4 Gruppe wies ebenfalls nur eine Person (CV-4 Nr. 7) drei schlechtere YBT Werte und bessere FRT Werte auf. Diese gab eine Operation der unteren Extremität (K-TEP) an. Somit ist kein deutlicher Zusammenhang zwischen Operationen oder Erkrankungen und Veränderungen der Messwerte ersichtlich.

Obwohl der Mittelwert des FRT keine signifikante Verbesserung nach der Intervention aufwies, konnten sich in der CV-4 Gruppe zehn Personen steigern, sechs verschlechterten sich und bei einer Person blieb der Wert gleich. In der Placebo Gruppe verbesserten sich vier ProbandInnen, elf wiesen schlechtere Werte auf und zwei blieben gleich.

5. Diskussion

5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Ziel dieser Masterarbeit war es, zu untersuchen, ob osteopathische Interventionen einen Einfluss auf die posturale Kontrolle haben und somit dazu beitragen können, das Risiko von Verletzungen zu reduzieren.

5.1.1 Ergebnisse YBT

Beim Y Balance Test zeigte sich in allen drei Bewegungsrichtungen – nach vorne, nach hinten links und nach hinten rechts - in der CV-4 Gruppe ein Anstieg des Mittelwerts von der Ausgangsmessung bis zur Messung nach der Intervention. Auch in der Placebo Gruppe war eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Mittels dieser Ergebnisse lässt sich feststellen, dass die posturale Kontrolle, gemessen mit dem YBT, beeinflussbar ist. Allerdings kann keine definitive Aussage getroffen werden, ob die CV-4 Technik einen Einfluss hat, da die Placebo Gruppe eine ähnliche Erhöhung der Messwerte beim YBT aufzeigte wie die CV-4 Gruppe.

5.1.2 Ergebnisse FRT

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Y Balance Tests zeigte der Functional Reach Test keine signifikanten Veränderungen der Messwerte. In der CV-4 Gruppe blieb der Mittelwert nahezu unverändert, während in der Placebo Gruppe eine geringfügige Reduktion des Mittelwertes zu beobachten war. Dies würde darauf hinweisen, dass sich die posturale Kontrolle, gemessen mit dem FRT, durch keine der Interventionen signifikant beeinflussen ließ.

5.2 Interpretation der Ergebnisse

Da sich in beiden Gruppen ähnliche Verbesserungen bzw. ein Gleichbleiben der Testergebnisse zeigten, ist es wahrscheinlich, dass nicht nur die CV-4 Technik eine Auswirkung auf die posturale Kontrolle hat, sondern dass auch unspezifische Faktoren wie Lerneffekte, neurophysiologische Adaptationen oder eine allgemeine Erwartungshaltung der Teilnehmenden eine Rolle spielen (Fetz, 1990, S.35,36; Kattilakoski et al., 2023; Kliem & Wiemeyer, 2010).

Fraglich ist allerdings, warum der eine Test (YBT) für die posturale Kontrolle ein verbessertes Ergebnis aufweist, während der andere (FRT) gleichbleibende Werte zeigt.

5.2.1 Mögliche Verbesserung durch Lerneffekt

Wenn man Gleichgewichtstests wiederholt, gibt es einige bekannte Effekte:

- Bei wiederholtem Testen verbessert sich die Leistung auch ohne physiologische Veränderungen. Die ProbandInnen werden mit dem Testablauf vertrauter und können Strategien entwickeln, um stabiler zu sein. (Lerneffekt)
- Das Nervensystem gewöhnt sich an die Anforderungen des Tests, was zu weniger unnötigen Ausgleichsbewegungen und besseren Ergebnissen führt. (Habituation)
- Zwischen den einzelnen Messungen kann es natürliche Abweichungen geben, die abhängig von Tagesform, Konzentration oder äußeren Faktoren sind. (Variabilität der Testergebnisse)

Um dem entgegenzuwirken sollten möglichst wenige Wiederholungen der Testbewegung durchgeführt werden – dies erhöht allerdings wiederum die Fluktuation der Messwerte stark (Fetz, 1990, S.35,36).

Es gibt bereits Studien, die die Effekte wiederholter Gleichgewichtstests ohne zusätzliches Training untersucht haben. Kliem und Wiemeyer führten 2010 eine Gleichgewichts-Studie an gesunden Erwachsenen durch. Eine Gruppe trainierte mit einem Wii Balance Board, eine zweite absolvierte traditionelles Training und eine Kontrollgruppe machte keinerlei Aktivitäten. Alle drei Gruppen wiesen signifikante Veränderungen in den zuvor durchgeführten Gleichgewichtstests auf. Kliem und Wiemeyer vermuteten also einen Testwiederholungseffekt, da sich auch die Gruppe ohne Training verbesserte.

Kattilakoski et al. (2023) untersuchten die Test-Retest-Reliabilität des Y Balance Test und fanden heraus, dass die Leistung in den ersten sechs Wiederholungen signifikant anstieg, was auf einen deutlichen Übungseffekt hindeutet. Ab der sechsten Wiederholung stabilisierten sich die Ergebnisse. Kattilakoski et al. schlussfolgern daraus, dass zum Erhalt von stabileren Werten bei der Verwendung des YBT mehrere Übungseinheiten vor der endgültigen Bewertung nötig sind.

Im Vergleich dazu haben Studien von Galhardas et al. (2020) und Ferreira et al. (2021) eine hohe Test-Retest-Reliabilität des Functional Reach Test bestätigt, ohne dass signifikante Lerneffekte innerhalb eines kurzen Zeitraums beobachtet wurden. Die minimalen Schwankungen zwischen den Testergebnissen des FRT waren so gering, dass sie darauf hindeuten, dass der Test ohne nennenswerte Übungseffekte verlässliche Ergebnisse liefert.

Fetz (1990, S.34) beschreibt eine Studie über den bipedalen Stand bei Jugendlichen und Erwachsenen. Dabei wurde festgestellt, dass es bei diesem (quasi)statischen Gleichgewichtstest ebenso zu keinem Lern- bzw. Gewöhnungseffekt kam.

Im Gegensatz zum Y Balance Test, bei dem signifikante Lerneffekte über die ersten Wiederholungen hinweg festgestellt wurden (Kattilakoski et al. 2023), zeigten Studien zum Functional Reach Test also keine nennenswerten Verbesserungen zwischen den ersten und zweiten Testdurchgängen (Galhardas et al., 2020; Ferreira et al., 2021). Somit kann der Lerneffekt verantwortlich sein, dass sich die Werte der ProbandInnen dieser Masterstudie beim YBT steigerten und beim FRT stagnierten.

Dass der YBT komplexer ist als der FRT, kann ein weiterer Grund sein, dass der Lerneffekt dort größer ist. Die Ausgangswerte der TeilnehmerInnen beim FRT befanden sich wahrscheinlich bereits bei der ersten Testung auf einem hohen Niveau. Kliem und Wiemeyer (2010) haben in ihrer Studie auf das gleiche Problem hingewiesen. Eine TeilnehmerInnen-Gruppe wies bei einzelnen Tests für das dynamische Gleichgewicht sehr viel höhere Ausgangswerte auf als die beiden anderen und konnte daher wesentlich geringere Steigerungen erreichen.

5.2.2 Dynamischer oder statischer Gleichgewichtstest

Der YBT wird als dynamischer Gleichgewichtstest eingestuft (Plisky, 2009), der FRT eher als statischer Gleichgewichtstest (Duncan, 1990; Wernick-Robinson et al., 1999). Dies könnte eine Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse bei der Wiederholung der Tests für die posturale Kontrolle sein.

Der Unterschied zwischen statischen und dynamischen Gleichgewichtstests liegt in der Art der untersuchten Balancefähigkeit.

- Statische Gleichgewichtstests beurteilen die Fähigkeit, in einer stabilen Position zu verbleiben, beispielsweise im Stehen oder Sitzen. Der Fokus liegt darauf, Körperbewegungen zu minimieren und die Stabilität ohne aktive Bewegung zu bewahren.
- Dynamische Gleichgewichtstests hingegen erfassen, wie gut das Gleichgewicht während aktiver Bewegungen, wie Gehen oder Laufen, kontrolliert wird. Sie stellen das Gleichgewichtssystem vor die Herausforderung, sich an wechselnde Körperhaltungen und Bewegungsabläufe anzupassen (Akademie für Sport und Gesundheit, n.D.; Knuchel & Schädler, 2004).

Ein weiterer Unterschied zwischen statischem und dynamischem Gleichgewicht liegt in den Voraussetzungen für das Zustandekommen der Ausgleichsbewegungen. Vor allem das Zusammenspiel der sensorischen, neuromuskulären und motorischen Systeme unterscheidet sich in seiner Komplexität.

Beim statischen Gleichgewicht sind folgende Systeme notwendig:

- Das vestibuläre System erkennt Lageveränderungen und reguliert die Körperhaltung.
- Das visuelle System liefert die Orientierung im Raum und hilft eine stabile Position zu halten.
- Das somatosensorische System erhält propriozeptive Informationen aus Muskeln und Gelenken und gibt Rückmeldung über die Körperposition (Hur, 2012, S.2; Taube, 2013).
- Für die muskuläre Stabilisation sind besonders Rumpf- und Beinmuskulatur entscheidend, um das Gleichgewicht zu bewahren (Cabedo et al., 2008; Olchowik et al., 2015).

Das dynamische Gleichgewicht verlangt zusätzliche Anforderungen, da der Körper während einer Bewegung stabil bleiben muss.

- Das Nervensystem muss schnell auf Gleichgewichtsstörungen reagieren. (Reaktionsfähigkeit)
- Die Muskeln müssen sich kontinuierlich an Bewegungsänderungen anpassen. (motorische Anpassung)
- Die Interaktion zwischen Sehen, Gleichgewichtsorgan und Muskelsteuerung muss sehr präzise sein. (Koordination)
- Eine gute muskuläre Kontrolle und störungsfreie Beweglichkeit helfen, Balanceverluste auszugleichen.
- Das Gehirn muss zukünftige Bewegungen antizipieren und darauf vorbereitet sein. (vorausschauende Steuerung) (Hur, 2012, S. 2; Taube, 2013).

5.2.3 Hüft- oder Sprunggelenkstrategie als Ausgleichsbewegung

Liaw et al. (2009) berichten, dass ältere gesunde Menschen (60-80 Jahre) mehr Mühe haben, Haltungsungleichgewicht auszubalancieren als jüngere ProbandInnen (16-59 Jahre) und dafür eher die Hüftstrategie nutzen als die Sprunggelenkstrategie, um ihr Gleichgewicht zu halten, insbesondere wenn sie auf einer schwankenden Auflagefläche stehen, ohne visuellen Input. Die Sprunggelenkstrategie beschreibt eine pendelartige Bewegung mit einem Pendelarm und dem Drehpunkt Sprunggelenk, die Hüftstrategie eine Pendelbewegung aus zwei Hebelarmen, die an der Hüfte verbunden sind.

Horak et al. (1990) stellten fest, dass die Verwendung der Ausgleichsstrategie auch von der Unterstützungsfläche abhängt - bei ebenem Untergrund eher die Sprunggelenkstrategie, bei verkleinerter, unebener Fläche eher die Hüftstrategie. Es wird außerdem vermutet, dass für die Sprunggelenkstrategie vor allem primär somatosensorische Einflüsse ausschlaggebend sind, während sich die Hüftstrategie auf vestibuläre Systeme stützt. Patienten mit einem Ausfall des vestibulären Systems verwenden vorwiegend die Sprunggelenkstrategie, um Gleichgewichtssituationen auszubalancieren.

Folglich ist davon auszugehen, dass ältere Personen vor allem vom vestibulären System abhängig sind, um die posturale Kontrolle aufrechtzuerhalten und dass Ausgleichsbewegungen, die die Hüftstrategie verwenden, bevorzugt werden. In dieser Studie wurde der FRT verwendet, der eher die Sprunggelenksstrategie verlangt und der YBT, der eher die Hüftgelenksstrategie herausfordert. Es ist daher zu überlegen, ob die unterschiedlichen Ergebnisse dieser Masterstudie auch von der „zwingenden“ Verwendung der Ausgleichsstrategie abhängig waren.

Die Sprunggelenkstrategie hängt von somatosensorischen Einflüssen ab. Bei der Durchführung der CV-4 Technik und des Placebogriffes wurde zwar Einfluss genommen auf die somatosensorischen Bereiche der HWS und des Schädels, jedoch nicht auf die der peripheren Extremitäten, vor allem des Fußes. Der für die Hüftstrategie entscheidende vestibuläre Komplex wurde allerdings durch die CV-4 Technik wesentlich stärker beeinflusst und auch die Ausgangsstellung der Behandlungsposition bzw. die Ruhephase könnten deshalb eher zu einem besseren Ergebnis des Y Balance Test im Vergleich zum Functional Reach Test führen.

5.2.4 Verbesserung des YBT unabhängig von der Intervention

Wie bereits beschrieben, erklärt Ferguson (2003) die Entspannung der suboccipitalen Muskulatur als Effekt der CV-4 Technik. Diese Technik findet direkt am Occiput statt und hat Einfluss auf den Occiput-Atlas-Komplex. Ferguson hält es eher für unwahrscheinlich, dass während der CV-4 Technik der vierte Ventrikel komprimiert wird.

Die hohe Dichte an Muskelspindeln in der suboccipitalen Muskulatur (bis zu 200 Muskelspindeln pro Gramm Muskel) gibt dem vestibulären System einen signifikanten Input (Kulkarni et al., 2001). Somatische Funktionsstörungen in diesem Bereich werden daher mit Gleichgewichtsstörungen in Verbindung gebracht. Der Einfluss von gamma-efferenter Nerven der Muskelspindel bestimmt die Muskellänge und kann durch Therapie so beeinflusst werden, dass eine Entspannung und Verlängerung verspannter Muskeln möglich sind. Es wurde ebenso nachgewiesen, dass sympathische Nervenfasern die Funktion der Muskelspindeln beeinflussen, entweder durch direkte Einwirkung auf intrafusale Fasern oder durch Einflussnahme auf die afferente Entladung der Muskelspindel (Ferguson, 2003).

So führt beispielsweise die Stimulation der Muskelspindel-Afferenzen, mittels Vibration der Nackenmuskeln zu Veränderungen der Augenstellung, visuellen Scheinbewegungen und Kopfbewegungssillusionen und beeinflusst nachweislich die Haltungsstabilität sowie die Geschwindigkeit und Richtung des Gehens und Laufens (Karnath et al., 2002; Lennerstrand et al., 1996).

Diese Art von Entspannung, bzw. Beeinflussung von Nervenfasern und Muskulatur kann bei der Durchführung der Interventionen dieser Masterstudie durch den CV-4 Griff hervorgerufen worden sein, aber möglicherweise auch durch den Placebo Griff oder durch die Rückenlage.

5.3 Stärken der Studie

Die vorliegende Untersuchung weist mehrere Stärken auf, die ihre Aussagekraft und Relevanz unterstreichen.

Ein zentraler methodischer Vorteil lag in der Doppel-Verblindung. Sowohl die Therapeutin, die die Tests für die posturale Kontrolle durchführte, als auch der Behandler, der die CV-4 Technik bzw. den Placebogriff anwendete, waren verblindet. Dadurch konnten Einflüsse wie Erwartungseffekte minimiert werden. Die Therapeuten wiesen außerdem langjährige Berufserfahrung auf, was die Fehlerquelle bei der Durchführung verringerte. Auch die ProbandInnen waren effektiv verblindet, da sich der Placebogriff in der Durchführung stark an der CV-4-Technik orientierte.

Ein weiterer Pluspunkt stellt die Verwendung standardisierter und valider Testverfahren dar. Sowohl der Y Balance Test als auch der Functional Reach Test gelten als reliabel und valide Instrumente zur Messung der posturalen Kontrolle. Sie finden häufig Anwendung in der wissenschaftlichen Forschung, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht und lassen sich zugleich auch leicht in der Praxis anzuwenden und in therapeutische Settings integrieren. Zudem besitzt die Studie selbst eine hohe praktische Relevanz, da sie sich gezielt an die ältere Bevölkerungsgruppe richtet – eine Zielgruppe, die besonders anfällig für posturale Defizite und sturzbedingte Verletzungen ist. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die CV-4 Technik möglicherweise ein nützlicher Behandlungsansatz zur Sturzprävention im Alltag sein könnte.

5.4 Schwächen der Studie

5.4.1 Stichprobenbeschreibung

- **Auswahl der ProbandInnen**

Ein möglicher Kritikpunkt dieser Studie betrifft die Auswahl der ProbandInnen. Rekrutiert wurden über 60-jährige Männer und Frauen.

Das Informationsschreiben zur Teilnahme wurde in einem physikalischen Ambulatorium mit dazugehörigem Fitnesscenter ausgelegt. Gemeldet haben sich daraufhin vorwiegend ProbandInnen, die regelmäßig im Studio trainieren. Bei PatientInnen war wegen des Ausschlusskriteriums Schmerz eine Teilnahme meistens nicht möglich. Nicht bekannt ist, wie viele ProbandInnen zusätzlich zum Kraft- und Ausdauertraining auch noch Gleichgewichtstraining ausführen. Es wäre vorteilhaft gewesen, dies im Fragebogen abzufragen.

Lesinski et al. (2015) bestätigen in ihrem Review, dass regelmäßiges Gleichgewichtstraining bei älteren ProbandInnen messbare Verbesserungen ergeben.

Dies könnte bereits einen Einfluss haben auf die Ergebnisse der Baseline Messung, aber reduziert wahrscheinlich die Möglichkeit der Steigerung bei der Kontrollmessung. Die Vermutung wäre also, dass Personen mit schlechterem Ausgangszustand der posturalen Kontrolle besser geeignet wären für diese Studie, da die Veränderungsmöglichkeiten zwischen den beiden Messungen größer sind. Fraglich ist, ob dann die Variable des reinen Trainingseffektes - durch das Wiederholen der Testung - dominanter sein könnte.

- **Gesundheitszustand der ProbandInnen**

Berücksichtigt werden muss auch der Gesundheitszustand der ProbandInnen.

Nur sieben Personen (20 %) gaben chronische Erkrankungen (Diabetes, Bluthochdruck, Nierensteine) an, 25 ProbandInnen hatten Operationen im Gelenksbereich. Während der Testungen traten allerdings bei niemandem Probleme oder Schmerzen im Gelenksbereich auf.

In Deutschland gaben 62,6 % der über 65-Jährigen an, eine chronische Erkrankung oder ein gesundheitliches Problem zu haben. Im europäischen Vergleich lag dieser Wert im Mittelfeld. Mehr als die Hälfte der über 65-Jährigen (54,6 %) in der EU berichtete im Jahr 2014 über gesundheitliche Einschränkungen im Alltag. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Staaten: In Schweden waren nur 19,3 % der älteren Bevölkerung von solchen Einschränkungen betroffen, in der Slowakei allerdings 74,8 %.

Im Durchschnitt bewerteten nur ein Drittel der über 65-Jährigen in der EU ihren Gesundheitszustand als gut oder sehr gut (Nowossadeck, 2016).

Damit sind die ProbandInnen dieser Studie deutlich gesünder und weisen weniger Einschränkungen als durchschnittliche Personen in einem ähnlichen Altersbereich auf. Es ist somit nicht sicher, ob sie bereits eine Verschlechterung der posturalen Kontrolle - im Vergleich zu jüngeren Menschen - aufweisen, oder ob die ProbandInnen auch in diesem Bereich bessere Werte aufweisen als der Altersdurchschnitt.

Gesunder Lebensstil, das Nichtvorhandensein von massiven gesundheitlichen Problemen bzw. regelmäßiges Kraft- und Ausdauertraining könnten die Testergebnisse beeinflussen. Dies bestätigt eine Studie von Lee et al. (2015). Lee et al. haben festgestellt, dass ältere Frauen mit höheren Kraftwerten der Kniebeuger und Hüftabduktoren bessere Werte beim YBT erreichten.

Die ProbandInnen dieser Masterstudie erklärten während der Testung alle, keine wesentlichen Probleme im Gleichgewichtsbereich zu haben. Auch währenddessen wurden von der durchführenden Therapeutin keine Auffälligkeiten bemerkt - niemand musste die Testungen abbrechen. Allerdings gab es einige ProbandInnen, die den Y Balance Test mehrfach wiederholen mussten, weil sie das Spielbein mit Gewichtsbelastung aufgesetzt hatten. Dies lag aber weniger an der posturalen Kontrolle, sondern mehr am Ehrgeiz, weiter kommen zu wollen oder am Zuhören, wie die Übung funktionieren soll. Beim Functional Reach Test hatte kein/e ProbandIn Probleme bei der Ausführung.

Für weitere Studien wäre es vielleicht empfehlenswert, vorher die posturale Kontrolle zu testen und nur solche ProbandInnen auszuwählen, die Probleme in diesem Bereich aufweisen. Testungen oder Fragebögen für erhöhte Sturzgefahr (z.B. Mobilitätstest nach Tinetti, Berg-Balance-Skala) könnten auch auf Probleme des Gleichgewichtssystems hinweisen.

Der Foam and Dome Test könnte im Vorfeld einer Untersuchung bereits herausfiltern, ob ein Problem der posturalen Kontrolle im visuellen, vestibulären oder somatosensorischen Bereich liegt (Knuchel & Schädler, 2004). Schwierig hierbei ist aber wahrscheinlich wieder der Ausschluss von neurologischen Erkrankungen oder Schmerzen.

Zudem wäre es sinnvoll, weitere neurologische und biomechanische Parameter zu analysieren, um die zugrundeliegenden Mechanismen besser zu verstehen.

- **Alter der ProbandInnen**

Diskutiert werden kann auch, dass der Altersdurchschnitt der ProbandInnen relativ niedrig war. Der Mittelwert des Alters in der CV-4 Gruppe betrug 68,06 Jahre mit einer SD von 5,739. In der Placebo Gruppe betrug der Mittelwert 69,06 Jahre mit einer SD von 5,973.

Wie bereits beschrieben, fanden Liaw et al. (2009) heraus, dass jüngere ProbandInnen weniger Probleme aufweisen als ältere, ihr Haltungsungleichgewicht auszubalancieren. Auch Era et al. (2006) und Dmitruk et al. (2014) bestätigen in ihren Studien, dass das Alter einen Einfluss auf die posturale Kontrolle hat.

Interessant wäre es herauszufinden, ob es einen Unterschied in den Testresultaten bei Personen über 80 Jahren geben würde, bzw. auch die Grundwerte der posturalen Kontrolle zwischen den verschiedenen Altersgruppen zu vergleichen. In dieser Masterstudie konnte kein Einfluss von Altersunterschieden auf die Testresultate beobachtet werden.

Die Wahrscheinlichkeit von chronischen oder akuten Schmerzen bzw. neurologischen Symptomen erhöht sich allerdings auch mit zunehmendem Alter, was wiederum die Suche nach geeigneten ProbandInnen erschweren würde. Ebenso ist es fraglich, ob Personen in dieser Altersgruppe den Y Balance Test noch fehlerfrei ausführen können.

- **Stichprobengröße und Geschlechterverteilung**

Eine potenzielle Limitation dieser Studie liegt in der Zusammensetzung der Stichprobe. Da keine vorangegangenen Studien vorhanden waren, wurde die TeilnehmerInnenzahl mittels g*Power berechnet. Mit insgesamt 34 Teilnehmenden - 13 männliche (38,2 %) und 21 weibliche (61,8 %) - war die Stichprobengröße relativ klein. Dies könnte die statistische Power der Analysen einschränken und die Generalisierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen.

Eine größere und ausgewogenere Stichprobe wäre daher wünschenswert, um robustere Schlussfolgerungen zu ermöglichen.

Zudem ist die ungleiche Geschlechterverteilung zu berücksichtigen, da geschlechtsspezifische Unterschiede in physiologischen und biomechanischen Merkmalen das Antwortverhalten auf die Intervention (CV-4 und Placebogriff) und die Ergebnisse des YBT und FRT beeinflussen könnten.

In der Literatur gibt es unterschiedliche Studienergebnisse zwischen Geschlecht und Gleichgewichtsfähigkeit.

Azkiya et al. (2020) haben in einem Review mehrere Studien untersucht mit unterschiedlichen Ergebnissen. Die Studie von Bryant et al. (2005) fand signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern, wobei Männer bei einem Schwankungstest auf einer Druckplatte (Postural Sway Test) eine größere Amplitude der CoP-Verschiebung (Center of Pressure) aufwiesen. Dies deutet auf eine größere Instabilität bei Männern hin.

Eine weitere Studie von Cabedo et al. (2008) erklärte allerdings, dass Männer ein besseres statisches Gleichgewicht hätten als Frauen - dies kann auf einen altersbedingten Rückgang der Muskelkraft bei Frauen zurückgeführt werden. Eine Recherche von Olchowik et al. (2015) bestätigte, dass höheres Körpergewicht und größere Muskelmasse bei Männern eine effektivere Haltungsamplitudenreaktion ermöglichen, im Vergleich zu Frauen.

Untersuchungen von Morrone und Spaccarotella (2018) ergaben, dass es beim YBT im Speziellen keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen gab. Allerdings wurde diese Studie bei ProbandInnen mit einem Altersdurchschnitt bei Männern von 33,9 Jahren (SD 7,10) und bei Frauen von 30,7 Jahren (SD 7,81) durchgeführt. Alle TeilnehmerInnen dieser Studie übten aktiv Crossfittraining aus.

Obwohl bei der Gruppenzuteilung für diese Masterthesis keine geschlechterspezifische Aufteilung stattfand - die ProbandInnen wurden mittels Blockrandomisierung eingeteilt - war der Anteil Frauen-Männer in den zwei Gruppen fast identisch (CV-4 Gruppe 10 zu 7, Placebogruppe 11 zu 6). Auch bei den Testresultaten konnte keine geschlechtsspezifische Tendenz zur Werteveränderung festgestellt werden. Damit kann eine Verfälschung der Gruppenergebnisse aufgrund des Geschlechts ausgeschlossen werden - für die Gesamtstudie wäre trotzdem eine ausgewogenere Geschlechterverteilung wünschenswert gewesen.

5.4.2 Testauswahl und -durchführung

- **Auswahl der Testverfahren**

Für diese Masterthesis wurde der Y Balance Test modifiziert mit Klebestreifen am Boden durchgeführt (wie auch von Klingenberg 2015 in seiner Studie beschrieben). Diese Version ist für den alltäglichen Gebrauch in der Praxis - aus Kosten- und Platzgründen - am praktikabelsten. (Die Kosten für ein Testkit belaufen sich momentan auf ca. 400 €.)

Für die Durchführung einer Studie ist allerdings doch zu überlegen, ob die Verwendung eines Y Balance Testkit genauere Daten liefern könnte. Es kann nicht genau definiert werden, wie viel Gewichtsbelastung die ProbandInnen am Spielbein hatten. Sie wurden von der Therapeutin zwar wiederholt darauf hingewiesen den Fuß nur aufzutippen, aber die Testung wurde nur unter visueller Kontrolle durchgeführt. Da beim Testkit eine Platte, die sich auf einer Schiene befindet, verschoben werden muss, ist dort eine Gewichtsbelastung praktisch ausgeschlossen.

Beim Functional Reach Test konnten in der Umsetzung keine Probleme festgestellt werden. Keine/r der ProbandInnen musste korrigiert werden oder die Testung wiederholen. Allerdings ist anzumerken, dass dieser Test von fast allen als „eher leicht“ bezeichnet wurde. Dies könnte auch eine Ursache sein, dass sich beim FRT keine Verbesserung der Werte ergab. Die ProbandInnen hatten bereits bei der Anfangstestung keine Schwierigkeiten und konnten so ihre Körperposition maximal verändern.

Bei dieser Studie ergaben sich sowohl in der Test- als auch in der Placebogruppe beim YBT Verbesserungen und beim FRT keine wesentlichen Veränderungen. Es ist also davon auszugehen, dass die Durchführung von weiteren Tests zur Feststellung der posturalen Kontrolle das Ergebnis stärken oder verändern könnte. Weitere mögliche Tests für die posturale Kontrolle wären z.B. der Seiltänzertest (ein neurologischer Funktionstest, bei dem die Testperson aufgefordert wird, wie auf einem Seil eine gerade Linie entlangzugehen – Fußspitze an Ferse), der Einbeinstandtest (Testperson steht für 30 Sekunden mit geschlossenen Augen auf einem Bein) oder der Tinetti-Test (bewertet Gleichgewicht und Gang) (von Piekartz, 2005, S.522). Bei diesen Tests ist es allerdings schwierig, genaue Messdaten zu erlangen, die verglichen werden können.

Eine gut messbare Methode wäre, die Veränderung der posturalen Kontrolle mit verschiedenen Aufgaben auf einer Druckmessplatte (Postural Sway Test) festzustellen (z.B. geschlossene Augen, Arm- oder Kopfbewegungen). Aufgrund der hohen Kosten konnte diese Methode in dieser Masterstudie nicht angewendet werden.

- **Testdurchführung**

Wie bereits erwähnt wurde, ist es wahrscheinlich, dass die ProbandInnen dieser Studie den FRT bereits auf einem sehr hohen Niveau ausführen konnten. Für den FRT beschrieben Bohannon et al. (2017) bei älteren Erwachsenen einen Durchschnittswert von 27,5 cm. Für die Sturzrisikoeinschätzung wird unter 15 cm als erhöhtes Sturzrisiko bewertet, 15-25 cm als moderates Risiko und über 25 cm als geringes Risiko (Duncan et al., 1990). In dieser Masterstudie wurden beim FRT allerdings nur die jeweiligen Endpunkte gemessen und nicht der Startpunkt der Finger – entscheidend war hier die Differenz der Werte vor und nach der jeweiligen Intervention. Dadurch konnten die Daten nicht mit durchschnittlichen Werten verglichen werden. Für weitere Studien wäre es sinnvoll auch diese Anfangspunkte zusätzlich zu erfassen, um Abweichungen von der Norm festzustellen bzw. bereits vorhandene Schwächen oder Sturzrisiken vorab dokumentieren zu können.

Zur Durchführung des Y Balance Tests wurde ausschließlich das rechte Bein berücksichtigt. Diese Entscheidung erfolgte aus mehreren methodisch begründeten Überlegungen. Die Fokussierung auf eine Körperseite diente der Standardisierung und Vergleichbarkeit mit bestehenden Studien, in denen häufig ein vordefiniertes oder dominantes Bein zur Minimierung individueller Variabilität herangezogen wurde (Plisky et al., 2006; Shaffer et al., 2013).

Durch die Reduktion der Testdurchgänge wurde eine potenzielle Ermüdung der Teilnehmenden vermieden, die sich negativ auf die Testleistung und somit auf die Validität der Messergebnisse hätte auswirken können (Smith et al., 2013). Frühere Untersuchungen konnten außerdem keine signifikanten Unterschiede zwischen den Extremitäten feststellen (Gribble et al., 2012).

Um noch genauere Messergebnisse zu erhalten, könnte man bei einer weiteren Studie allerdings den YBT mit beiden Beinen durchführen.

- **Auswirkungen von Operationen bzw. Gelenksproblemen**

Die ProbandInnen gaben beim Fragebogen vorangegangene Operationen und Erkrankungen an. Akute oder chronische Schmerzen waren allerdings ein Ausschlusskriterium. 17 ProbandInnen hatten Operationen an der unteren Extremität - sieben davon in der Placebo-, zehn in der CV-4 Gruppe. Zwei Teilnehmerinnen der Placebogruppe hatten Operationen im Bereich der Wirbelsäule (HWS bzw. LWS).

Im Vorfeld der Studie wurden keinerlei Beweglichkeits- oder Krafttests durchgeführt. Es ist somit nicht ausgeschlossen, dass verminderte oder unphysiologische Gelenkbewegungen oder Muskelungleichgewicht die Studie beeinflussen können. Es ist allerdings keine klare Tendenz in den Daten zu erkennen, ob die ProbandInnen bereits Operationen oder Verletzungen an der unteren Extremität oder im Wirbelsäulenbereich hatten oder nicht. Unabhängig von Operationen kann in dieser Altersgruppe auch angenommen werden, dass etliche ProbandInnen Einschränkungen aufgrund Arthrose oder anderen degenerativen Erkrankungen aufweisen.

Moon untersuchte 2014 in seiner Dissertation das Gleichgewicht und Gangbild von PatientInnen mit Knie- und Hüftendoprothesen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Operationen. Er stellte dabei wesentlich schlechtere Werte in der Prothesengruppe fest. Allerdings muss auch darauf hingewiesen werden, dass die Studie bereits einige Wochen postoperativ durchgeführt wurde und keine langfristigen Daten vorhanden sind. Nachdem bei keinem/r TeilnehmerIn dieser Masterthesis in den letzten zwei Jahren orthopädische Operationen durchgeführt wurden, ist es fraglich, ob dadurch noch Auswirkungen auf die posturale Kontrolle auftraten.

Wie bereits erwähnt wurde der YBT ausschließlich mit dem rechten Bein als Standbein durchgeführt. Vorverletzungen oder Operationen an dieser Extremität wurden nicht berücksichtigt. Um mögliche Abweichungen aufgrund von Gelenks- oder muskulären Problemen erkennen zu können, sollte der YBT mit beiden Beinen ausgeführt werden und die Auswertungen der Ergebnisse im Kontext mit Vorinformationen betrachtet werden.

- **Psychische Faktoren**

Vor der Testung äußerten einige ProbandInnen die Sorge, ob sie die Übungen überhaupt schaffen würden, da sie diese ja noch nie durchgeführt hatten. Vor allem beim YBT trat eine gewisse Scheu vor dem Einbeinstand mit zusätzlicher Bewegung auf. Auch Unsicherheit darüber wann Fallneigung während der Bewegung auftreten könnte, wurde kommuniziert. („Du fängst mich eh, wenn ich umfalle.“) Bei zwölf ProbandInnen - sieben in der Placebo- und fünf in der CV-4 Gruppe - verbesserte sich bei der Re-Testung mindestens ein Wert des YBT über 10 cm. Somit ist es fraglich, ob diese massive Wertsteigerung nur von der CV-4 Behandlung bzw. dem Placebogriff oder der Liegeposition ausgelöst wurde, oder ob auch die zunehmende Sicherheit beim Wiederholen des Testverfahrens eine Rolle gespielt hat.

Alle ProbandInnen waren sehr ehrgeizig und bedacht darauf, „gute Ergebnisse“ abzuliefern. Im Probelauf wurden beim YBT und bei FRT Klebmarkierungen bei den einzelnen Testwerten angebracht. Die Testpersonen im Probelauf gaben danach an, sie wollten die Markierungen bei der nächsten Wiederholung übertreffen. Und auch nach der Behandlung war somit ein Referenzwert vorhanden. Um diese Fehlerquelle zu beheben, wurden Streifen für den YBT bzw. eine Plakattafel für den FRT mit Zentimeterwerten verwendet. Die ProbandInnen erfuhren auch nicht, welche Werte sie bei den einzelnen Testversuchen erreicht hatten. Damit konnte auch eine Verblindung bezüglich der Messwerte garantiert werden.

Ein hoher Glaube an die eigene Leistungsfähigkeit (Selbstwirksamkeitserwartung) kann die Motivation und die tatsächliche Leistung steigern.

Bandura beschrieb 1997 in seinem Buch „Self-efficacy: The exercise of control“ (S.79–113) vier Hauptquellen der Selbstwirksamkeit: vergangene Erfolge, stellvertretende Erfahrungen (Beobachtung anderer), verbale Überzeugung und physiologische Zustände. Diese Faktoren beeinflussen, wie eine Person ihre Fähigkeiten einschätzt und wie sie sich Herausforderungen stellt. Rejeski et al. (2001) stellten ebenfalls fest, dass die Selbstwirksamkeitserwartung die körperliche Funktionsfähigkeit beeinflusst, insbesondere bei älteren Erwachsenen mit Kniearthrose. Eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung korrelierte mit besseren Leistungen in funktionellen Tests.

Positive Erwartungen können also die Leistung steigern, während negative Erwartungen diese mindern können. Für eine präzise Beurteilung der Fähigkeiten einer Person ist es daher wichtig, diese psychologischen Faktoren zu berücksichtigen (Rejeski et al., 2001).

Bei der ProbandInnengruppe dieser Studie ist durch das regelmäßige Fitnesscenter-Training vermutlich ein eher höherer Glaube an die eigene Leistungsfähigkeit vorhanden. Um diesen Bereich genauer zu beleuchten, wäre eine Befragung der TeilnehmerInnen mittels Fragebogen zu empfehlen, z.B. die Allgemeine Selbstwirksamkeitsskala (SWE) nach Schwarzer & Jerusalem (1999).

5.4.3 Intervention

- **Veränderungen durch propriozeptive Reize und Liegeposition**

Beide Gruppen hatten für die Intervention (CV-4 Technik bzw. Placebogriff) die gleiche Ausgangsstellung - Rückenlage auf der Liege - und die gleiche Kontaktfläche am Schädel für die Ausgangsposition der Technik. Somit gab es bei allen Personen propriozeptive Reize im Bereich Haut, Muskulatur und obere Kopfgelenke. Durch die Ausgangsposition in Rückenlage wirkte auch die Schwerkraft in Richtung der Hände des Behandlers und verstärkte den Druck auf die Auflagefläche. In der Masterthesis wurde bereits auf die Rolle der Muskelspindeln und Gelenksrezeptoren eingegangen und es ist nicht auszuschließen, dass die Reizweiterleitung über diese Wege das Ergebnis beeinflusst haben könnte.

Somit wäre es vorteilhaft gewesen, eine dritte ProbandInnengruppe auszuwählen, die nach der Testung nur in Rückenlage liegt, ohne Kontakt mit den Händen des Behandlers zu haben - der Einfluss auf das Reizleitungssystem der ProbandInnen könnte somit minimiert werden. Damit könnte garantiert werden, dass die mögliche Veränderung der Vitalparameter durch Liegen bzw. Entspannen in allen Gruppen gleich wäre, auch hier ist ein Einfluss auf das Liquorsystem bzw. die posturale Kontrolle nicht auszuschließen.

Wie Liem (2018, S.247) beschrieben hat, gibt es mehrere Studien über die Einflussquellen auf die Liquorpulsation. Es wurde festgestellt, dass sowohl das venöse als auch das arterielle System die Pulswelle steuern. Neuere Studien weisen aber auch auf die Bedeutung von Puls, Blutdruck und Atemfrequenz hin.

Von Münster (2002) untersuchte mithilfe der Duplexsonographie den Blutfluss in der Vena jugularis interna und den vertebralem Venen. Die Messungen wurden durchgeführt, während die Probanden auf einem Kipptisch in verschiedenen Positionen gelagert wurden: -15° (Kopftieflage), 0° (horizontal), 15° , 30° , 45° und 90° (stehen). Zudem wurde der arterielle zerebrale Blutfluss in den Positionen 0° und 45° gemessen. Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Abhängigkeit des venösen Abflusses von der Körperposition. Während im Liegen die Vena jugularis interna die Hauptabflussbahn für das venöse Blut des Gehirns darstellt, verlagert sich der venöse Abfluss im Stehen überwiegend auf das vertebrale Venensystem.

Das bedeutet, dass die Vena jugularis interna vor allem in liegender Position eine zentrale Rolle für die venöse Drainage des Gehirns spielt, während andere venöse Strukturen im aufrechten Zustand wichtiger werden.

- **Durchführung der CV-4 Technik**

Die CV-4 Technik wurde bei 17 ProbandInnen durchgeführt. Bei sechs Personen gab es keinen Stilpunkt, bei elf Personen einen oder mehrere. Das Verhalten der ProbandInnen variierte sehr stark – von ruhig daliegen, über viel Redebedarf bis zu zappelig werden. Zu Beginn der Intervention empfand der Behandler bei sieben Personen einen sehr guten craniosacralen Rhythmus, während bei sechs Personen eine schlechtere Ausgangslage bemerkbar war. Diese Einschätzung beruht jedoch ausschließlich auf der subjektiven Wahrnehmung des Behandlers und konnte nicht objektiv erfasst werden.

Auffällig war, dass sich von den sechs ProbandInnen (CV-4 Nr. 1,4,5,6,11,17) mit dem schwächeren craniosacralen Rhythmus, drei ProbandInnen bei allen YBT Messungen verbesserten und drei ProbandInnen bei jeweils zwei Werten Steigerungen aufwiesen (also durchschnittlich stärkere Veränderungen als der Rest der CV-4 Gruppe). Bei FRT haben sich jeweils drei dieser auffälligen ProbandInnen verbessert und die anderen drei verschlechtert. Fraglich ist deshalb, ob die Durchführung der CV-4 Technik bei Personen ohne Probleme im craniosacralen System überhaupt einen Effekt auf die Gehirnstrukturen und somit auf die posturale Kontrolle hat. Für die Durchführung einer Folgestudie wäre es somit förderlich, ProbandInnen auszuwählen, die eine Auffälligkeit im craniosacralen Rhythmus aufweisen, um möglicherweise deutlichere Ergebnisse zu erzielen.

Es kann außerdem nicht ausgeschlossen werden, dass sich durch eine nicht genaue Durchführung der CV-4 Technik Fehler ergaben und Werte verfälscht wurden. Pro Durchführungstag wurden neun bis zwölf ProbandInnen behandelt – im Abstand von 45 Minuten. Diese Zeiten wurden so gewählt, um den Datenschutz gewährleisten zu können und den Kontakt der ProbandInnen untereinander auszuschließen. Es ergaben sich dadurch für den Behandler Pausenzeiten, die die Aufrechterhaltung der Konzentration erschwerten. Die ProbandInnen trugen sich im Vorfeld in eine Terminliste ein und wurden anschließend mittels Blockrandomisierung in Gruppen eingeteilt. Dadurch waren mehrere CV-4 Behandlungen nacheinander möglich bzw. mehrere aufeinanderfolgende Placebobehandlungen. Für den Behandler wäre es angenehmer gewesen, einige Behandlungen nacheinander durchzuführen (am besten mit abwechselnder Gruppenzugehörigkeit) und anschließend eine längere Pause zu machen. Dies war aus Gründen des Studiendesigns nicht möglich.

- **Wiederholung der Behandlung**

Für diese Studie sollten möglichst alle Störfaktoren ausgeschlossen werden. Deshalb wurde nur eine Intervention durchgeführt und direkt im Anschluss der Re-Test gemacht. Bei einer Wiederholung der Studie würden mehrere Behandlungen oder auch ein Re-Test nach einigen Tagen ohne Intervention sinnvoll erscheinen. Dies würde die längerfristige Wirkung der CV-4 Technik untersuchen, während bei der jetzigen Studie der kurzfristige Erfolg getestet wurde.

6. Schlussfolgerungen / Fazit

Diese Studie liefert Hinweise darauf, dass die CV-4 Technik eine potenzielle Wirkung auf die posturale Kontrolle haben könnte, insbesondere im Bereich des dynamischen Gleichgewichts. Die ProbandInnen verbesserten sich beim Y Balance Test, während beim Functional Reach Test keine nennenswerten Unterschiede festgestellt wurden. Das deutet auf eine mögliche positive Beeinflussung der sensomotorischen Steuerung und der Gleichgewichtsfähigkeit durch die CV-4 Technik hin. Sie könnte insbesondere Mechanismen beeinflussen, die für die aktive Stabilisierung des Körpers im Raum verantwortlich sind. Dies wäre insbesondere für ältere Erwachsene von Bedeutung, da eine verbesserte posturale Kontrolle das Sturzrisiko senken und die allgemeine Mobilität und Lebensqualität steigern kann.

Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass auch die Placebo-Gruppe ähnliche Verbesserungen des Y Balance Tests aufwies. Hierbei wäre vor allem die propriozeptive Wirkung auf die hochcervicalen und occipitalen Strukturen weiter zu untersuchen und die Auswirkungen von Körperpositionen, Entspannung oder Veränderung von Körpervitalzeichen auf den vierten Hirnventrikel. Ein möglicher Effekt auf die afferenten und efferenten Systeme, die für die posturale Kontrolle benötigt werden, sowie auf das Reizverarbeitungssystem kann somit nicht ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse des Functional Reach Tests zeigen, dass in der Interventions- und der Placebo Gruppe keine signifikanten Verbesserungen festgestellt wurden. Dies deutet darauf hin, dass die CV-4 Technik möglicherweise keine unmittelbare Wirkung auf die statische posturale Kontrolle oder die vordere Reichweite hat. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass der FRT primär die Fähigkeit misst, die Körpermasse nach vorne zu verlagern, ohne die Unterstützung durch die unteren Extremitäten zu verlieren. Im Gegensatz zum Y Balance Test, der eine koordinierte Stabilisierung in mehreren Richtungen erfordert, fokussiert sich der FRT auf eine eindimensionale Bewegung. Es ist daher möglich, dass die CV-4 Technik vor allem Prozesse beeinflusst, die mit dynamischem Gleichgewicht und multisensorischer Integration zusammenhängen, während statische Balancefähigkeiten weniger stark betroffen sind.

Ein weiterer relevanter Aspekt ist die mögliche Deckeneffekt-Problematik. Da viele der ProbandInnen bereits zu Beginn der Studie gute Werte im FRT aufwiesen, bestand nur ein begrenzter Spielraum für weitere Verbesserungen. Frühere Studien haben gezeigt, dass der FRT bei aktiven älteren Erwachsenen oft keine großen Veränderungen nach Interventionen aufweist, da bereits eine ausreichende posturale Stabilität vorhanden ist (Duncan et al., 1990). Künftige Untersuchungen könnten sich daher auf ProbandInnen mit erhöhtem Sturzrisiko konzentrieren, um mögliche Effekte der CV-4 Technik auf die statische Gleichgewichtsfähigkeit besser zu erfassen.

Darüber hinaus müssen einige methodische Einschränkungen berücksichtigt werden. Die relativ kleine Stichprobengröße begrenzt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse, sodass zukünftige Studien mit einer größeren und diversifizierten Stichprobe durchgeführt werden sollten. Zudem wäre eine detailliertere Erfassung weiterer Einflussfaktoren wie Muskelkraft, Gelenkmobilität oder neuromuskuläre Reaktionszeiten hilfreich, um den Mechanismus der CV-4 Technik besser zu verstehen. Die Verwendung weiterer objektiver Messmethoden könnte ebenfalls wertvolle Erkenntnisse liefern. Der Einsatz von Druckmessplatten zur Analyse der Körpergewichtsschwankungen oder neurowissenschaftliche Untersuchungen zur Aktivität des zentralen Nervensystems während der CV-4 Technik könnten helfen, die physiologischen Mechanismen hinter den beobachteten Effekten zu identifizieren.

Auch eine Langzeitbeobachtung über mehrere Wochen oder Monate scheint erforderlich, um die Nachhaltigkeit der möglichen Effekte zu bewerten. Zu untersuchen wäre auch, ob wiederholte Anwendungen der CV-4 Technik langfristig messbare Effekte auf die Reichweite im FRT haben. Es ist möglich, dass kurzfristige Veränderungen durch die Technik nicht ausreichen, um signifikante Verbesserungen in der statischen Balance zu erzielen, während längere Anwendungszeiträume oder wiederholte Interventionen möglicherweise nachhaltigere Effekte bewirken könnten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Berücksichtigung psychologischer Faktoren. Während der Studie zeigte sich, dass einige ProbandInnen anfängliche Unsicherheiten äußerten, insbesondere beim Y Balance Test. Angst vor Stürzen oder mangelndes Vertrauen in die eigene Balancefähigkeit können eine bedeutende Rolle spielen und möglicherweise die Ergebnisse beeinflussen.

Die Integration psychometrischer Fragebögen in zukünftige Studien würde helfen, diese Aspekte besser zu verstehen und die CV-4-Technik gegebenenfalls um psychologische Interventionen zu ergänzen. Diese Unsicherheiten könnten sich durch die wiederholte Testdurchführung reduziert haben, was zu einer natürlichen Leistungssteigerung führen könnte. In zukünftigen Studien wäre es daher sinnvoll, Kontrollmechanismen zur Erfassung von Lerneffekten einzuführen, um die reine Interventionswirkung besser isolieren zu können. Hilfreich wäre eine Kontrollgruppe, die ausschließlich wiederholte Testungen ohne Intervention durchläuft, um den tatsächlichen Effekt der CV-4 Technik besser isolieren zu können.

Neben der methodischen Optimierung zukünftiger Studien wäre es zudem sinnvoll, spezifische Untergruppen von TeilnehmerInnen zu untersuchen – beispielsweise Personen mit Gleichgewichtsdefiziten, vestibulären Störungen oder neurologischen Erkrankungen. Eine genauere Analyse der zugrunde liegenden physiologischen Mechanismen, etwa durch neurophysiologische Messungen oder bildgebende Verfahren, würde weitere Aufschlüsse über die Wirkweise der Technik liefern. Hier könnte sich zeigen, ob die CV-4 Technik bei PatientInnen mit oben genannten Störungen gezielt in therapeutische Konzepte integriert werden kann. Insbesondere im Bereich der geriatrischen Rehabilitation oder der Sportmedizin könnte dies potenziell eine wertvolle Ergänzung zu bestehenden Therapieansätzen darstellen. Die Integration der CV-4 Technik in multimodale Behandlungsstrategien, die beispielsweise Krafttraining, propriozeptives Training oder vestibuläre Rehabilitation umfassen, könnte die Effektivität der Behandlung weiter steigern.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die CV-4 Technik eine vielversprechende Intervention zur Verbesserung der posturalen Kontrolle sein könnte. Dennoch sind weitere Forschungen erforderlich, um ihre klinische Relevanz, die langfristigen Effekte sowie die genauen physiologischen Mechanismen besser zu verstehen. Die Kombination aus einer methodisch optimierten Studienstruktur, einer größeren Stichprobe und einer detaillierteren Messung der Gleichgewichtsfähigkeit könnte zukünftig dazu beitragen, den Nutzen dieser Technik für unterschiedliche Zielgruppen noch präziser zu bestimmen. Die Relevanz der CV-4 Technik im Kontext der posturalen Kontrolle bleibt ein spannendes Forschungsfeld, das weiteres wissenschaftliches Interesse verdient.

LITERATURVERZEICHNIS

- Akademie für Sport und Gesundheit. (n.d.). *Gleichgewicht: Definition, Training & Übungen*. Akademie für Sport und Gesundheit. <https://www.akademie-sport-gesundheit.de/magazin/gleichgewicht.html>
- Akranidis, N. (2019). *Craniosacral secrets: Biomechanik/Biodynamik. Ein ganzheitliches Behandlungskonzept für die manuelle Praxis*. BoD – Books on Demand.
- Alexander, B. H., Rivara, F. P., & Wolf, M. E. (1992). The cost and frequency of hospitalization for fall-related injuries in older adults. *American Journal of Public Health, 82*(7), 1020–1023. <https://doi.org/10.2105/AJPH.82.7.1020ults>.
- Ansai, J. H., Aurichio, T. R., Gonçalves, R., & Rebelatto, J. R. (2015). Effects of two physical exercise protocols on physical performance related to falls in the oldest old: A randomized controlled trial. *Geriatrics & Gerontology International, 15*(8), 942–949. <https://doi.org/10.1111/ggi.12497>
- Arienti, C., Farinola, F., Ratti, S., Daccò, S., & Fasulo, L. (2020). Variations of HRV and skin conductance reveal the influence of CV4 and rib raising techniques on autonomic balance: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 24*(4), 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.07.002>
- Azkiya, H., Prasetiowati, L., & Wardhani, I. L. (2020). *Comparison of static and dynamic balance between male and female: A literature review*. Fakultät für Medizin, Universitas Airlangga.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Barral, J.-P. (2023). *Osteopathische Behandlung des Gehirns*. Urban & Fischer in Elsevier.
- Behrman, A. L., Light, K. E., Flynn, S. M., & Thigpen, M. T. (2002). Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 83*(4), 538–542. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.30934>
- Bernal-Utrera, C., Anarte-Lazo, E., Gonzalez-Gerez, J. J., Saavedra-Hernandez, M., De-La-Barrera-Aranda, E., Serrera-Figallo, M. A., Gonzalez-Martin, M., & Rodriguez-Blanco, C. (2021). Effect of combined manual therapy and therapeutic exercise protocols on the postural stability of patients with non-specific chronic neck pain: A secondary analysis of randomized controlled trial. *Journal of Clinical Medicine, 11*(1), 84. <https://doi.org/10.3390/jcm11010084>

- Bohannon, R. W., Wolfson, L. I., & White, W. B. (2017). Functional reach of older adults: Normative reference values based on new and published data. *Physiotherapy, 103*(4), 387–391. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2017.03.006>
- Boisgontier, M. P., Cheval, B., Chalavi, S., van Ruitenbeek, P., Leunissen, I., Levin, O., Nieuwboer, A., & Swinnen, S. P. (2017). Individual differences in brainstem and basal ganglia structure predict postural control and balance loss in young and older adults. *Neurobiology of Aging, 50*, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.09.021>
- Bonavolontà, V., Cataldi, S., Coluccia, A., Giunto, A., & Fischetti, F. (2020). Sustainable Intervention for Health Promotion and Postural Control Improvement: Effects of Home-Based Oculomotor Training. *Sustainability, 12*(24), 10552. <https://doi.org/10.3390/su122410552>
- Brumagne, S., Janssens, L., Knapen, S., Claeys, K., & Suuden-Johanson, E. (2008). Persons with recurrent low back pain exhibit a rigid postural control strategy. *European Spine Journal, 17*(9), 1177–1184. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0709-7>
- Burgerhout, W. G., Mook, G. A., de Morree, J. J., & Zijlstra, W. G. (2001). *Fysiologie: Leerboek voor paramedische opleidingen* (3. überarb. Aufl.). Elsevier.
- 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*(2), 14. <https://doi.org/10.3390/jfmk2020018>
- Buschatzky, B. (2014). The impact of CV4 vs meditation on the vegetative nervous system measured by analysis of heart-rate variability: A comparative study [Masterarbeit, Donau Universität Krems, Zentrum für chinesische Medizin & Komplementärmedizin]. *Osteopathic Research*. <https://www.osteopathic-research.com/files/original/f72a6ab11863750b6777c3138dacb7485c19d0d3.pdf>
- Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2013). Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players. *Sports Health, 5*(5), 417–422. <https://doi.org/10.1177/1941738113498703>
- Bryant, E. C., Trew, M. E., Bruce, A. M., Kuisma, R. M. E., & Smith, A. W. (2005). Gender differences in balance performance at the time of retirement. *Clinical Biomechanics, 20*(3), 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.11.006>

- Cabedo, J., Unnithan, V., Guerra, M., & Roca, J. (2008). Differences between males and females in static and dynamic balance from 4 to 74 years of age: 1970: Board #134: May 29 3:30 PM - 5:00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(5), S345. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000323382.15393.bc>
- Cardoso-de-Mello-E-Mello-Ribeiro, A. P., Rodríguez-Blanco, C., Riquelme-Agulló, I., Heredia-Rizo, A. M., Ricard, F., & Oliva-Pascual-Vaca, Á. (2015). Effects of the fourth ventricle compression in the regulation of the autonomic nervous system: A randomized control trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 148285. <https://doi.org/10.1155/2015/148285>
- Chulvi-Medrano, I., Colado, J. C., Pablos, C., et al. (2009). A lower-limb training program to improve balance in healthy elderly women using the T-bow device. *The Physician and Sportsmedicine*, 37(2), 127–135. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1719>
- Contreras-Vidal, J. L., Teulings, H. L., & Stelmach, G. E. (1998). Elderly subjects are impaired in spatial coordination in fine motor control. *Acta Psychologica*, 100(1–2), 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(98\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(98)00023-7)
- Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., & Gissane, C. (2012). A comparison between performance on selected directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366–371. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.03>
- Curi, A. C., Alves, A. S. M., & Silva, J. G. (2018). Cardiac autonomic response after cranial technique of the fourth ventricle (CV4) compression in systemic hypertensive subjects. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(3), 666–672. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.11.013>.
- Cutler, M. J., Holland, B. S., Stupinski, J. A., & Gamber, R. G. (2005). Physiological effects of a CV4 cranial osteopathic technique on autonomic nervous system function: A preliminary investigation. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 8(1), 5–12. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2007.01.003>
- Di Fabio, R. P. (1992). Efficacy of manual therapy. *Physical Therapy*, 72(12), 853–864. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.12.853>
- Dmitruk, K., Gałazka, M., & Soszyński, D. (2014). Postural balance in subjects over the age of 50. *Medical and Biological Sciences*, 28, 11. <https://doi.org/10.12775/MBS.2014.028>

- Duncan, P. W., Studenski, S., Chandler, J., & Prescott, B. (1992). Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. *Journal of Gerontology*, *47*(2), M93–M98. <https://doi.org/10.1093/geronj/47.2.M93>
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, *45*(6), M192–M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.m192>
- Efstathiou, M. A., Giannaki, C. D., Roupa, Z., Hadjisavvas, S., & Stefanakis, M. (2022). Evidence of distorted proprioception and postural control in studies of experimentally induced pain: A critical review of the literature. *Scandinavian Journal of Pain*, *22*(3), 445–456. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2021-0205>
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M., & Aromaa, A. (2006). Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology*, *52*(4), 204–213. <https://doi.org/10.1159/000093652>
- Ferguson, A. (2003). A review of the physiology of cranial osteopathy. *Journal of Osteopathic Medicine*, *6*(2), 74–84. [https://doi.org/10.1016/S1443-8461\(03\)80017-5](https://doi.org/10.1016/S1443-8461(03)80017-5)
- Ferreira, A. S., Lima, S. L., Santana, F. D., & Vieira, E. R. (2021). Test-retest reliability of the functional reach test and the hand grip strength test in older adults using nursing home services. *Geriatric Nursing*, *42*(5), 1120-1126. <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02492-0>
- Fetz, F. (1990). *Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport* (Bd. 59). Österreichischer Bundesverlag Gesellschaft m.b.H.
- Franke, H., Franke, J.-D., & Fryer, G. (2014). Osteopathic manipulative treatment for nonspecific low back pain: A systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *15*(1), 286. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-286>
- Friedman, S. M., Munoz, B., West, S. K., Rubin, G. S., & Fried, L. P. (2002). Falls and fear of falling: Which comes first? *Journal of the American Geriatrics Society*, *50*(8), 1329–1335. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50352.x>
- Galhardas, R. M., Coudrat, L. R., & Santos, A. M. (2020). Test-retest reliability of upper-limb proprioception and balance tests in older nursing home residents. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *88*, 104028.
- Goering, E., Herner, M., Smith, M., Galka, M., Kammerzell, S., Best, K., Anderson, P., & Steinauer, M. (2021). Effects of Compression of the 4th Ventricle (CV4) treatment on medical student anxiety. *AAO Journal*, *31*(4), 55–60. <https://doi.org/10.53702/2375-5717-31.4.55>

- Granacher, U., Gollhofer, A., & Strass, D. (2006). Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait & Posture*, *24*(4), 459–466. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.12.007>
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, *8*(6), 325–340. <https://doi.org/10.1080/17461390802478066>
- Gribble, P. A., Hertel, J., Plisky, P., Schmitz, R. J., & Shields, E. W. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, *47*(3)
- Guo, B., Liu, M., Wang, D., & Zhang, M. (2021). *Y balance test–YBT*. ResearchGate.<https://www.researchgate.net/publication/362844158/figure/fig2/AS:11431281080161541@1661176426312/Y-balance-test-YBT-Guo-et-al-2021.png> , 339–357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>
- Hanten, W. P., Olson, S. L., Hodson, J. L., Imler, V. L., Knab, V. M., & Magee, J. L. (1999). The effectiveness of CV-4 and resting position techniques on subjects with tension-type headaches. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. <https://doi.org/10.1179/106698199790811816>
- Horak, F. B., Nashner, L. M., & Diener, H. C. (1990). Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental Brain Research*, *82*(1), 167–177. <https://doi.org/10.1007/BF00230848>
- Hur, P. (2012). *Understanding the human postural control system: Mathematical methods to quantify the human postural control system and the applications*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN: 978-3-8484-8495-9
- Jacobs, J. V., Horak, F. B., Tran, V. K., & Nutt, J. G. (2006). Multiple balance tests improve the assessment of postural stability in subjects with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *77*(3), 322–326. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2005.068742>
- Kage, H., Okuda, M., Nakamura, I., Kunitsugu, I., Sugiyama, S., & Hobara, T. (2009). Measuring methods for functional reach test: Comparison of 1-arm reach and 2-arm reach. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *90*, 2103–2107.
- Kahle, W., & Frotscher, M. (2001). *Sesam atlas van de anatomie: Zenuwstelsel en zintuigen* (Ill. G. Spitzer). ThiemeMeulenhoff. 905574 279 1 (ISBN)

- Karnath, H.-O., Rorden, C., & Fetter, M. (2002). The perception of body orientation after neck-proprioceptive stimulation: Effects of time and of visual cueing. *Experimental Brain Research*, 143(3), 350–358. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0996-2>
- Kattilakoski, O., Honkanen, T., Heinonen, A., & Liimatainen, J. (2023). Intrarater reliability and analysis of learning effects in the Y balance test. *Methods and Protocols*, 6(2), 41. <https://doi.org/10.3390/mps6020041>
- Kim, J.-W., Eom, G.-M., Kim, C.-S., Kim, D.-H., Lee, J.-H., Park, B. K., & Hong, J. (2010). Sex differences in the postural sway characteristics of young and elderly subjects during quiet natural standing. *Geriatrics & Gerontology International*, 10(2), 191–198. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2009.00582.x>
- Kliem, A., & Wiemeyer, J. (2010). Comparison of a traditional and a video game-based balance training program. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9(2), 80–91.
- Klingenberg, M. (2015, Januar–Februar). Der Y-Balance-Test stammt aus dem Funktionellen Training. Er deckt muskuläre Dysbalancen schonungslos auf – und davon profitieren auch Sie! *tt49 Science*, 1–2. https://www.betaklinik.de/wp-content/uploads/2015/04/tt49_science_ybtest.pdf
- Knuchel, S., & Schädler, S. (2004). Differenzialtests bei Gleichgewichtsstörungen: Drei Systeme in der Balance. *physiopraxis*, 2(11/12), 28–31. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1307709>
- Kolster, B., & Voll, M. (2021) *Anatomie* (9., korrigierte Aufl.). Lehmanns Media. 978-3-96543-173-7 (ISBN)
- Kulkarni, V., Chandy, M. J., & Babu, K. S. (2001). Quantitative Studie der Muskelspindeln in den suboccipitalen Muskeln menschlicher Föten. *Neurology India*, 49, 355–359.
- Lee, D.-K., Kang, M.-H., Lee, T.-S., & Oh, J.-S. (2015). Relationships among the Y Balance Test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(3), 227–234. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0096>
- Lennerstrand, G., Han, Y., & Velay, J.-L. (1996). Properties of eye movements induced by activation of neck muscle proprioceptors. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 234(9), 703–709. <https://doi.org/10.1007/BF00186787>
- Leonhardt, C., & Laekeman, M. (2010). Schmerz und Bewegungsangst im Alter – Notwendigkeit zur interdisziplinären Herangehensweise. *Der Schmerz*, 24(6), 561–568. <https://doi.org/10.1007/s00482-010-0976-1>

- Leirós-Rodríguez, R., & García-Soidán, J. L. (2014). Balance training in elderly women using public parks. *Journal of Women & Aging, 26*(3), 207–218.
<https://doi.org/10.1080/08952841.2014.888220>
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, 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>
- Liaw, M.-Y., Chen, C.-L., Pei, Y.-C., Leong, C.-P., & Lau, Y.-C. (2009). Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Medical Journal, 32*(3), 297–304.
- Licciardone, J. C., Minotti, D. E., Gatchel, R. J., Kearns, C. M., & Singh, K. P. (2013). Osteopathic manual treatment and ultrasound therapy for chronic low back pain: A randomized controlled trial. *The Annals of Family Medicine, 11*(2), 122–129.
<https://doi.org/10.1370/afm.1468>
- Liem, T. (2011). Palpation des kraniosakralen Rhythmus. *Osteopathische Medizin, 12*(4), 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.ostmed.2011.10.016>
- Liem, T. (2018). *Kraniosakrale Osteopathie* (7. überarb. & erw. Aufl.). Thieme.
- Lo, P. Y., Lin, S. B., Yu-Lin, Y., Chen-Wen, Y., Ting, W. S., & Lan-Yuen, G. (2022). Measuring the reliability of postural sway measurements for a static standing task: The effect of age. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.850707>
- Low, D. C., Walsh, G. S., & Arkesteijn, M. (2017). Effectiveness of exercise interventions to improve postural control in older adults: A systematic review and meta-analyses of centre of pressure measurements. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 47*(1), 101–112.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0559-0>
- Lüftner, K. (2020). *Das posturale System des Menschen* (2. Aufl.). Eigenverlag.
- Martins, W. R., Diniz, L. R., Blasczyk, J. C., Lagoa, K. F., Thomaz, S., Rodrigues, M. E., Oliveira, R. J., & Bonini-Rocha, A. C. (2015). Immediate changes in electroencephalography activity in individuals with nonspecific chronic low back pain after cranial osteopathic manipulative treatment: Study protocol of a randomized, controlled crossover trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 15*, 223.
<https://doi.org/10.1186/s12906-015-0732-2>
- Martin, R. R., Hadjistavropoulos, T., & McCreary, D. R. (2005). Fear of pain and fear of falling among younger and older adults with musculoskeletal pain conditions. *Pain Research & Management, 10*(4), 211–218. <https://doi.org/10.1155/2005/919865>

- Miana, L. H. do V. B., Machado, V., Machado, S., Velasques, B., Ribeiro, P., & Budde, H. (2012). Changes in alpha band activity associated with application of the compression of the fourth ventricle (CV-4) osteopathic procedure: A qEEG pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 17(3), 291–296.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.03.002>
- Moon, S. (2014). *Untersuchung des Gleichgewichts und des Gangbildes bei Patienten mit Knie- und Hüftendoprothese* (Dissertation, Universität des Saarlandes). Universität des Saarlandes. https://publikationen.sulb.uni-saarland.de/bitstream/20.500.11880/23442/1/2014_Doktorarbeit_Sangbok_Moon.pdf
- Morimoto, H., Asai, Y., Johnson, E. G., Lohman, E. B., Khoo, K., Mizutani, Y., & Mizutani, T. (2011). *Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults*. *Gait & Posture*, 33(4), 600–603.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.01.016>
- Morrone, B. F., & Spaccarotella, K. (2018). Comparison of balance between genders of CrossFit athletes. *Graduate Journal of Sport, Exercise & Physical Education Research*, 10, 1–11.
https://www2.worc.ac.uk/gjseper/documents/Balance_between_genders_of_athletes.pdf
- Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2005). Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *The Clinical Journal of Pain*, 21(4), 323.
<https://doi.org/10.1097/01.ajp.0000131414.84596.99>
- Nowossadeck, S. (2016). *Gesundheitszustand älterer Menschen in der EU* (DZA-Fact Sheet). Deutsches Zentrum für Altersfragen. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-48402-3>
- Ogaya, S., Ikezoe, T., Soda, N., et al. (2011). Effects of balance training using wobble boards in the elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2616–2622.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820019cf>
- Olchowik, G., Tomaszewski, M., Olejarz, P., Warchoń, J., Róžańska-Boczula, M., & Maciejewski, R. (2015). The human balance system and gender. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 17(1). <https://doi.org/10.5277/ABB-00002-2014-05>
- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 383–389.
<https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00001>

- Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 390–397.
<https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00002>
- Pérez Martínez, I., & Sánchez García, R. (2022). *Influencia de la técnica de compresión del cuarto ventrículo (versión biodinámica) en el sistema propioceptivo según el test de Romberg* (Trabajo de fin de grado no publicado). Universidad Europea de Madrid.
- Pires, I. M., Garcia, N. M., & Zdravevski, E. (2020). *Measurement of results of functional reach test with sensors: A systematic review [Abbildung]*. *Electronics*, 9(7), 1078.
https://www.mdpi.com/electronics/electronics-09-01078/article_deploy/html/images/electronics-09-01078-g001.png
- Phillips, P. (2012). *The effect of a CV4 osteopathic technique on postural control: A pilot study* (Master's thesis, European School of Osteopathy). Osteopathic Research Web.
<https://www.osteopathicresearch.com/s/orw/item/830>
- Pijnappels, M., van der Burg, P. J. C. E., Reeves, N. D., & van Dieën, J. H. (2008). Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *European Journal of Applied Physiology*, 102(5), 585–592. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0613-6>
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 4(2), 92–99.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Pope, R. E. (2003). The common compensatory pattern: Its origin and relationship to the postural model. *AAO Journal*, 34(3), 26–49. <https://doi.org/10.53702/i2375-5717-34.3.26>
- Rejeski, W. J., Miller, M. E., Foy, C., Messier, S., & Rapp, S. (2001). Self-efficacy and the progression of functional limitations and self-reported disability in older adults with knee pain. *Journal of Gerontology: Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 56(5), S261–S265. <https://doi.org/10.1093/geronb/56.5.s261>

- Rosa, M. V., Perracini, M. R., & Ricci, N. A. (2019). Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *81*, 149–170.
<https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.11.015>
- Saling, L. L., & Phillips, J. G. (2008). Age-related slowing of movement as basal ganglia dysfunction. *European Review of Aging and Physical Activity*, *5*(1), 27–33.
<https://doi.org/10.1007/s11556-008-0036-3>
- Santos, S. M., Da Silva, A. R., Terra, M. B., Almeida, I. A., De Melo, B. L., & Ferraz, H. B. (2017). Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, *53*(2). <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.16.04313-6>
- Sandrowski, W. (2024). *Kraniosakrale Osteopathie: CV4 – Ein Handgriff, unzählige Anwendungsgebiete*. Loadmedical Blog. https://blog.loadmedical.com/wp-content/uploads/2017/08/Kraniosakrale_Osteopathie-CV4_2.jpg
- Schoensee, S. K., Jensen, G., Nicholson, G., Gossman, M., & Katholi, C. (1995). The effect of mobilization on cervical headaches. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *21*(4), 184–196. <https://doi.org/10.2519/jospt.1995.21.4.184>
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (Hrsg.). (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Freie Universität Berlin. <http://www.fu-berlin.de/gesund/>
- Seidler, R. D., Alberts, J. L., & Stelmach, G. E. (2002). Changes in multi-joint performance with age. *Motor Control*, *6*(1), 19–31. <https://doi.org/10.1123/mcj.6.1.19>
- Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., & Childs, J. D. (2013). Y-balance test: A reliability study involving multiple raters. *Military Medicine*, *178*(11), 1264–1270. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00222>
- 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.2014.06.006>

- Smith, C. A., Chimera, N. J., Wright, N. J., & Warren, M. (2013). Interrater and intrarater reliability of the Functional Movement Screen. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 982–987. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182606df2>
- Sousa, N., Mendes, R., Silva, A., & Oliveira, J. (2016). Combined exercise is more effective than aerobic exercise in the improvement of fall risk factors: A randomized controlled trial in community-dwelling older men. *Clinical Rehabilitation*, 30(8), 787–796. <https://doi.org/10.1177/0269215516655857>
- Steckhan, G. M., Fleig, L., Wurm, S., Wolff, J. K., Schwarzer, R., & Warner, L. M. (2024). Fear of falling carries over into overprotection in old age: A cross-lagged panel analysis. *The International Journal of Aging and Human Development*, 98(4), 436–451. <https://doi.org/10.1177/00914150231196819>
- Stępnik, J., Kędra, A., & Czapowski, D. (2023). Effects of the fourth ventricle compression technique and rib raising osteopathic technique on autonomic nervous system activity measured by heart rate variability in 35 healthy individuals. *Medical Science Monitor*, 29, e941167. <https://doi.org/10.12659/MSM.941167>
- Sutherland, W. G., & Sutherland, A. (2008). Das große Sutherland-Kompendium. In C. Hartmann (Ed.), *Pähl: Jolandos*.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55–63.
- Toulotte, C., Toursel, C., & Olivier, N. (2012). Wii Fit® training vs. Adapted Physical Activities: which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*, 26(9), 827–835. <https://doi.org/10.1177/0269215511>
- Turbanski, S. (2005). *Zur posturalen Kontrolle bei Morbus Parkinson: Biomechanische Diagnose und Training*. Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg. <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/2877>
- Visser, J. E., & Bloem, B. R. (2005). Role of the basal ganglia in balance control. *Neural Plasticity*, 12(2–3), 161–174. <https://doi.org/10.1155/NP.2005.161>
- von Münster, T. (2002). *Der Einfluss der Körperposition auf die zerebrale venöse Drainage: Eine duplexsonographische Untersuchung der Vena jugularis interna und Vena vertebralis* (Dissertation, Medizinische Fakultät Charité, Humboldt-Universität zu Berlin). Humboldt-Universität zu Berlin

- von Piekartz, H. J. M. (2005). *Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion: Neuromuskuloskeletales Assessment und Behandlungsstrategien* (2. Aufl.). Georg Thieme Verlag.
- Warmerdam, E., Schumacher, M., Beyer, T., Nerdal, P. T., Schebesta, L., Stürner, K. H., Zeuner, K. E., Hansen, C., & Maetzler, W. (2022). Postural sway in Parkinson's disease and multiple sclerosis patients during tasks with different complexity. *Frontiers in Neurology*, *13*, 857406. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.857406>
- Weiner, D. K., Bongiorno, D. R., Studenski, S. A., Duncan, P. W., & Kochersberger, G. G. (1993). Does functional reach improve with rehabilitation? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *74*(8), 796-800. [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(93\)90155-Y](https://doi.org/10.1016/0003-9993(93)90155-Y)
- Wernham, J. (1985). *Mechanics of the spine*. Maidstone: Yearbook.
- Wernick-Robinson, M., Krebs, D. E., & Giorgetti, M. M. (1999). Functional reach: Does it really measure dynamic balance? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *80*(3), 262–269. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90136-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90136-3)
- World Health Organization. (2010). *Benchmarks for training in traditional/complementary and alternative medicine: Benchmarks for training in osteopathy*. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241599665>
- Zhang, T., Huo, Y., Yin, W., & Xiang, J. (2024). Postural balance disorders in sarcopenia based on surface electromyography. *Heliyon*, *10*(1), e24116. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24116>
- Zijlstra, G. A. R., van Haastregt, J. C. M., van Eijk, J. T. M., van Rossum, E., Stalenhoef, P. A., & Kempen, G. I. J. M. (2007). Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age and Ageing*, *36*(3), 304–309. <https://doi.org/10.1093/ageing/afm021>
- Żurowska, A., Malak, R., Kołcz-Trzęsicka, A., Samborski, W., & Paprocka-Borowicz, M. (2017). Compression of the fourth ventricle using a craniosacral osteopathic technique: A systematic review of the clinical evidence. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, e2974962. <https://doi.org/10.1155/2017/2974962>

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Geschlechterverteilung	43
Tabelle 2: Shapiro-Wilk-Test	44
Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen	45
Tabelle 4: Ergebnisse CV-4 Gruppe	47
Tabelle 5: Ergebnisse Placebo Gruppe	48

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Pyramiden nach Wernham (Lüftner, 2020, S.16).....	12
Abbildung 2: Studienablauf	36
Abbildung 3: Y Balance Test (Guo et al., 2021)	37
Abbildung 4: Functional Reach Test (Pires et al., 2020).....	38
Abbildung 5: CV-4 Technik (Sandrowski, 2024).....	40
Abbildung 6: Werte Y Balance Test vorne	48
Abbildung 7: Werte Y Balance Test hinten links	49
Abbildung 8: Werte Y Balance Test hinten rechts	49
Abbildung 9: Werte Functional Reach Test.....	49

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

- AP – Anterior Posterior
- CoP – Center of Pressure (Druckmittelpunkt)
- CV-4 – Compression of the Fourth Ventricle (osteopathische Technik)
- FRT – Functional Reach Test
- H – Hypothese
- H₀ - Nullhypothese
- ICC – Intraklassenkorrelation
- N – Stichprobengröße
- OAA – Occiput-Atlas-Axis-Komplex
- PA – Posterior Anterior
- p – Signifikanzwert
- SD – Standardabweichung
- YBT – Y Balance Test

ANHANG

Anhang A

Anamnesebogen

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Geschlecht: Männlich Weiblich Divers

Operationen / Unfälle: _____

Erkrankungen: _____

Akute oder Chronische Schmerzen: Ja Nein

Anhang B

Liebe Leute!

Wie viele sicher wissen bin ich bald endlich fertig mit meiner Osteopathie Ausbildung – Prüfung ist geschafft und es fehlt nur mehr die Masterarbeit.

Und dafür brauche ich eure Hilfe.

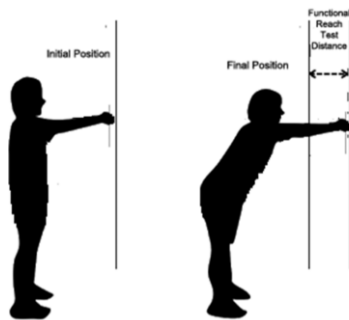
Ich führe eine praktische Studie durch mit dem Titel: „*Der Einfluss der CV-4 Technik auf die posturale Kontrolle*“

Mitmachen können alle Personen **über 60 Jahren**, die keine neurologischen Erkrankungen (Schlaganfall, Parkinson, MS...) und momentan keine massiven Schmerzen haben. Ich brauche 34 Freiwillige.

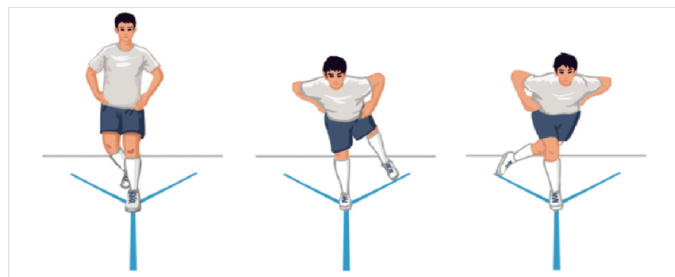
Die Durchführung wird folgendermaßen ablaufen:

Zuerst wird ein Fragebogen ausgefüllt und etwaige Fragen besprochen (siehe Anhang).

Danach werden 2 Gleichgewichtstests durchgeführt. (Keine Angst – sind wirklich nicht schwierig.)



Functional Reach Test
(Pires et al., 2020)



Y Balance Test
(Guo et al., 2021)

Anschließend kommt die Behandlung mit einer craniosacralen Technik am Schädel. (Die Hälfte bekommt eine „echte“, die andere eine Placebo-Technik)

Nach einer kurzen Ruhezeit werden die Gleichgewichtstests wiederholt. Das Ganze dauert einmalig ungefähr 60 Minuten und ist natürlich völlig schmerzlos. Es entstehen auch keine Kosten.

Ich hoffe Ihr seid dabei und unterstützt mich – bitte gleich im Sekretariat einen Termin ausmachen (28.09., 04.10., 05.10.). Bei Fragen könnt ihr mich auch gerne anrufen (0676/9737215)

Vielen Dank im Voraus Arjen Twiest

Anhang C

Plisky et al. (2009) beschreibt die Durchführung des Y Balance Test mit einem Test-Kit, bestehend aus einer Standplattform an der 3 PVC-Rohre befestigt sind (in anteriore, posteromediale und posterolaterale Richtung). Die posterioren Schenkel sind in einem 135° Winkel zum anterioren positioniert, und zueinander in einem 45° Winkel. Jedes Rohr hat Markierungen in 5 mm Abständen.

Der/die ProbandIn schiebt mit dem Fuß eine kleine Plattform das Rohr entlang bis zu individuellen Endposition wo die Reichweite gemessen wird. Das getestete Bein darf kein Gewicht übernehmen. Die Testreihenfolge beginnt mit drei Versuchen im Stand am rechten Fuß und der Bewegung vom linken Bein nach vorne (rechts anteriore Reichweite), gefolgt von drei Versuchen mit Standbein links und der Bewegung in die vordere Richtung mit dem rechten Bein. Dieses Verfahren wird für die posteromediale und posterolaterale Reichweite wiederholt.

Anhang D

Im Original haben es Pamela Duncan et al. (1990) folgendermaßen beschrieben:

Der Patient wird gebeten, eine normale, entspannte Stehposition einzunehmen. Weder Schuhe noch Socken werden getragen, und die Arme hängen auf der Seite. Der Patient wird aufgefordert, im rechten Winkel mit der Schulter zum Messgerät zu stehen. Das Messgerät wird auf der Höhe des Akromions angebracht. Zur Standardisierung kann die Fußposition auf dem Boden auf einem Blatt Papier aufgezeichnet oder die Distanz zwischen den Fersen gemessen werden. Der Patient hebt den rechten Arm horizontal an (etwa 90°). Er wird aufgefordert, bequem so weit wie möglich nach vorne zu reichen, ohne einen Schritt zu machen oder das Gleichgewicht zu verlieren. Er wird bei der Durchführung der Aufgabe nicht korrigiert. Man führt zwei Probeversuche und drei Testversuche durch. Von den drei Testresultaten wird der Durchschnitt berechnet.

Anhang E

Patienteninformation zur Studie: Der Einfluss der CV4 Technik auf die posturale Kontrolle

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Ich lade Sie herzlich ein, an der oben genannten klinischen Studie mitzuwirken.

Ihre Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig. Sie können Ihre Zustimmung jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen. Ein vorzeitiges Ausscheiden hat keine nachteiligen Folgen.

Klinische Studien sind ein wesentlicher Bestandteil medizinischer Forschung zur Gewinnung neuer Erkenntnisse. Voraussetzung für Ihre Teilnahme an der Studie ist allerdings Ihre schriftliche Einverständniserklärung.

Lesen Sie den nachfolgenden Text bitte sorgfältig durch. Falls Unklarheiten bestehen, stellen Sie gerne Fragen. Unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur unter folgenden Voraussetzungen:

- Ich habe die Art und den Ablauf der klinischen Studie vollständig verstanden.
- Ich erkläre mich mit der Teilnahme einverstanden.
- Ich bin mir über meine Rechte als Teilnehmer an dieser klinischen Studie im Klaren.

1. Ziel der Studie

Der Zweck dieser klinischen Studie ist zu testen, ob die posturale Kontrolle (die Kunst des Körpers aufrecht stehen zu können) durch eine craniosakrale Technik an der Schädelbasis beeinflussbar ist. In der Studie werden die ProbandInnen in zwei Gruppen eingeteilt. Bei einer Gruppe wird eine craniosakrale Technik durchgeführt, die andere Gruppe erhält eine Scheinbehandlung.

2. Studienablauf

Die Teilnahme an dieser Studie wird voraussichtlich 30 Minuten dauern.

Zu Beginn füllen Sie einen Fragebogen über persönliche und medizinische Angaben aus. Diese Daten werden ausschließlich anonymisiert zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet. Es werden keine personenbezogenen Daten weitergegeben.

Die Durchführung erfolgt in den Therapieräumen. Vor und nach der (Schein-)Behandlung führen Sie zwei motorische Gleichgewichtstests durch. Nach den ersten Tests wird die jeweilige Behandlung ausgeführt.

3. Nutzen der Teilnahme

Durch die Teilnahme dieser Studie unterstützen Sie die Forschung im Bereich der Osteopathie, sowie die Fertigstellung einer Masterarbeit. Die Maßnahmen erfolgen ausschließlich zu Studienzwecken.

4. Mögliche Risiken und Nebenwirkungen

Die craniosakrale Technik CV-4 gilt als sanfte und risikofreie Behandlung. In seltenen Fällen kann es zu leichten Nebenwirkungen wie Schwindel oder Kopfschmerz kommen.

5. Vorgehen bei Beschwerden

Falls im Verlauf der klinischen Studie irgendwelche Symptome oder Begleiterscheinungen auftreten, teilen Sie mir diese mit. Weitere Vorgehensweisen werden gemeinsam besprochen.

6. Beendigung der Teilnahme

Sie können jederzeit Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der klinischen Studie ausscheiden ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Sollte festgestellt werden, dass Sie den Erfordernissen der klinischen Studie nicht entsprechen können, entscheide ich Ihre Teilnahme vorzeitig zu beenden.

7. Datennutzung

Die Weitergabe der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken. Dabei erfolgt eine Codierung, durch die keine Rückschlüsse auf Ihre Person möglich sind. Dasselbe gilt auch für etwaige Veröffentlichungen der Daten dieser klinischen Studie.

8. Kosten

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

9. Rückfragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser klinischen Studie, wie auch über Ihre Rechte als Patient und Teilnehmer, stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Einwilligungserklärung zur Studie: Der Einfluss der CV4 Technik auf die posturale Kontrolle

Name des Patienten:

Geb.Datum: Code (wird später ausgefüllt):

Ich erkläre mich bereit, an der klinischen Studie teilzunehmen.

Ich bin von Herrn Arjen Twiest umfassend und verständlich über die klinische Studie aufgeklärt worden. Ich habe die Patienteninformation und Einwilligungserklärung gelesen und alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden und habe aktuell keine weiteren Fragen.

Ich bemühe mich den für die Durchführung der klinischen Studie erforderlichen Anordnungen, Folge zu leisten, habe allerdings das Recht, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden. Dadurch entstehen mir keine Nachteile.

Ich bin damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser klinischen Studie erhobenen Daten aufgezeichnet und unter Einhaltung der geltenden Datenschutzbestimmungen verarbeitet werden.

Ich habe ein Exemplar dieser Patienteninformation und Einwilligungserklärung erhalten, das Original verbleibt bei Arjen Twiest.

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

.....
(Unterschrift Arjen Twiest)

