

ETH Zürich
Departement Biologie
Masterstudiengang Bewegungswissenschaften und Sport
Vertiefung in Bewegungs- und Trainingslehre

**Effekte therapeutischer Massnahmen bei
Patienten mit Zervikalsyndrom - eine Pilotstudie**

Masterarbeit

Zur Erlangung des Masters of Science ETH in Bewegungswissenschaften
(MSc ETH Bew.-wiss.)

Vorgelegt von:
Pascual Brunner

Betreuer:
Dr. med. Hans-Jürg Holdener, Dr. Roland Müller

Referent:
Prof. Kurt Murer

Zürich, Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	3
2. Einleitung	4
2.1. Physiologische Grundlagen	4
2.2. Behandlungsmethoden	7
2.3. Das Vibrationstraining	9
2.4. Hypothese	11
3. Methodik	14
3.1. Studiendesign	14
3.3. Intervention	22
3.4. Methoden der Auswertung	25
4. Resultate	28
4.1. Subjektive Messgrößen	28
4.2. Objektive Messgrößen	29
4.3. Korrelationen	31
5. Diskussion	32
5.1. Therapieeffekte	32
5.2. Limitationen	34
5.3. Erfahrungsbericht	36
5.4. Schlussfolgerung	37
6 Literatur	38
7. Danksagung	44
8. Anhang	45

1. Zusammenfassung

Hintergrund

Das chronische Zervikalsyndrom scheint auf Defiziten der muskulären Koordination und Sauerstoffversorgung im Halswirbelsäulenbereich zu basieren. Multimodale Therapien, die zum einen entlastend und zum anderen belastend wirken, sollen dem Patienten Beschwerdenlinderung bringen. Zwei solcher multimodalen Therapien wurden in dieser Studie untersucht und verglichen. Dabei wurde die Hypothese aufgestellt, dass eine Vibrationstherapie zu stärker ausgeprägten Anpassungen führt, als eine Physiotherapie.

Studiendesign

Es handelte sich um eine prospektive, einfach verblindete und kontrollierte Pilotstudie, die insgesamt 32 Patienten einschloss. Diese wurden in drei Gruppen eingeteilt und vor und nach einer 9-wöchigen Behandlungsphase untersucht. Getestet wurde die Sauerstoffsättigung und Hämoglobinkonzentration des hinteren Halsgewebes, die Kraftausdauer der Halsflexoren, der zervikale Bewegungsumfang, die zervikale Propriozeption und die Lebensqualität.

Die Physio- und Vibrationstherapie setzten sich aus verschiedenen Behandlungsmethoden zusammen. In der Vibrationstherapie wurden koordinative Übungen zusätzlich auf einer Power Plate Pro 5 (2 oder 4 mm doppelte Amplitude (Hub), 30 bis 40 Hz) ausgeführt.

Resultate

Beim Neck Disability Index ($p = 0.037$) und bei der Numerischen Rating Skala für Schmerzen ($p = 0.018$; $d = 2.44$) konnte eine signifikante Verbesserung in der Vibrationstherapie festgestellt werden. Ebenfalls zu Gunsten der Vibrationstherapie wurden statistische Tendenzen beim Fear Avoidance Beliefs Questionnaire für die Freizeitaktivitäten ($p = 0.051$) und beim Grimmertest ($p = 0.097$) gefunden.

Diskussion

Die Resultate zeigen, dass die Vibrationstherapie teilweise stärker zu den angestrebten physiologischen und psychologischen Anpassungen führten als die im Rahmen der Physiotherapie durchgeführten physiotherapeutischen Behandlungsmethoden. Es konnte belegt werden, dass eine bestimmte Vielfalt in den Behandlungsmethoden (Multimodalität) einer Therapie das Beschwerdebild positiv beeinflusste. Es bleibt ungeklärt, ob die besseren Ergebnisse der Vibrationstherapie-Gruppe auf das Vibrationstraining oder die grössere Multimodalität zurückzuführen sind, welche bei der Vibrationstherapie zum Zuge kam. Weiterführend wird eine placebo-kontrollierte Langzeitstudie mit multimodaler Vibrationstherapie empfohlen.

2. Einleitung

Relevanz des chronischen Zervikalsyndroms

Zervikalsyndrome im Zusammenhang mit kraniozervikalen Beschleunigungstraumata (im Volksmund Schleudertrauma genannt) haben in den letzten Jahrzehnten, besonders innerhalb der Industrieländer, stark zugenommen (Statistik der Unfallversicherung UVG 2007; Graf et al. 2009). Allerdings ist die Datenlage zur evidenzgestützten Wirksamkeit von Behandlungsmassnahmen bei persistierenden Beschwerden spärlich. Der Mangel an evidenzgestützten Wirksamkeitsstudien bedeutet nicht, dass es keine wirksamen Therapiemethoden gibt. Vielmehr fordert die Situation dazu auf, kontrollierte Studien für die Behandlungskonzepte chronischer Patienten durchzuführen (Ettlin 2003; Gross et al. 2004, Anderson-Peacock et al. 2005).

Definition des Zervikalsyndroms

Das Zervikalsyndrom bezeichnet Beschwerden, die von der Halswirbelsäule (HWS) ausgehen, bzw. den Halswirbelsäulenbereich betreffen. Typische Symptome sind schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule, Druckempfindlichkeit der Muskulatur, Kopfschmerzen, Brachialgien, Schwindelerscheinungen, Kau- und Schluckbeschwerden, visuelle Funktionsstörungen, vorzeitige Ermüdbarkeit, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, Depressivität, Reizbarkeit und Schlafstörungen. Diese Symptome können die Folge einer muskulotendoligamentären Distorsion der Halswirbelsäule als auch eines zusätzlichen Schädelhirntraumas (z.B. kraniozervikales Beschleunigungstrauma) sein (Ettlin 2003).

Diesen verschiedenen Symptomen liegen nach aktuellem Wissensstand immer ähnliche Ursachen zugrunde (Laube und Müller, 2004; Treleaven 2008). Um den ursächlichen Zusammenhang aufzeigen zu können, sollen in den nächsten Kapiteln zuerst auf die physiologischen Grundlagen und danach auf die Behandlungsmethoden des Zervikalsyndroms eingegangen werden.

2.1. Physiologische Grundlagen

Die Rolle der Durchblutung

Die Ursachen der chronischen Zervikalsyndrom-Symptome gehen oft vom muskulotendoligamentären System aus und „die im klinischen Alltag beurteilten Triggerpunkte, Myogelosen, hypertonen Muskelstränge, Muskelkontrakturen usw. stehen offensichtlich ursächlich allesamt auf der Grundlage einer veränderten O₂ – Versorgung (lokalen, relativen Ischämie), die zum ATP

Mangel führt und über die Beeinflussung des Kreuzbrückenzyklus und des Ca^{2+} -Rücktransports Kontraktionen auslöst. Ätiologisch liegt in der Regel eine chronische Fehlbelastung, verbunden mit einer verminderten Dauerleistungsfähigkeit zugrunde, die über endogene vaso- und neurogene Substanzen die Mikrozirkulationsstörungen hervorruft und aufrechterhält. Der Anteil der Dauerleistungsfähigkeit als ätiologischer Faktor besteht in der geringen Kapillarisation und / oder dem erhöhten Anteil Bindegewebe im atrophierten Muskel. Für den in der täglichen medizinischen und physiotherapeutischen Praxis beurteilten Muskeltonus, der nicht obligat, aber bei den Patienten in aller Regel mit Schmerzen verbunden ist und als Muskelhartspann, Triggerpunkte, verhärtete Muskelstränge, Myogelosen, Muskelkontraktionen (nicht Kontraktionen des Bindegewebes der Gelenkkapseln) usw. dokumentiert wird, ist die Durchblutung ursächlich der wesentlichste Faktor.“ (Laube und Müller, 2004, S. 17).

Die Rolle des sensomotorischen Systems

Laut einer Studienreview von Treleaven (2008) überrascht es nicht, dass Patienten mit Zervikalsyndrom Störungen der zervikalen Gelenkpositionswahrnehmung (joint position sense), posturalen Stabilität, und Augenkoordination aufweisen. Des Weiteren tauchen Schwindelgefühl, Instabilität, Gleichgewichtsverluste, erhöhte Ängstlichkeit, Kopfschmerzen und radikuläre Ausstrahlungen auf. Obwohl die Ursachen der Störungen meist ähnlich sind, zeigen die Patienten individuell unterschiedliche Dysfunktionen in einem oder mehreren Systemen (Abbildung 1).

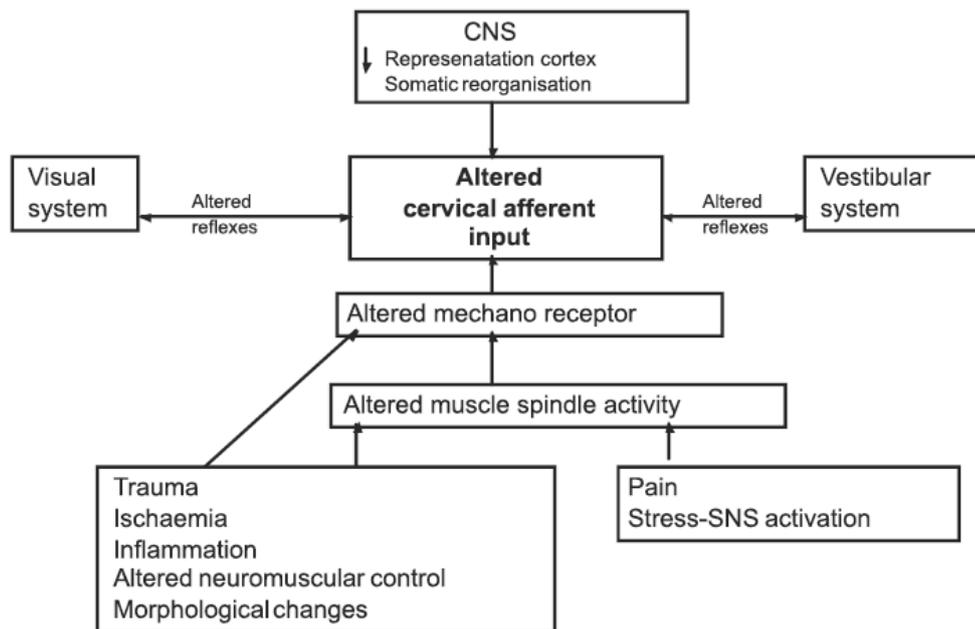


Abbildung 1: Einfluss verschiedener Störungsursachen auf das sensomotorische System beim Zervikalsyndrom. SNS= Sympathisches Nervensystem; CNS = Zentrales Nervensystem. (Treleaven 2008)

Den Mechanorezeptoren scheint eine zentrale Bedeutung zuzukommen. Deren Funktion und somit auch die Funktion der gesamten (sensomotorischen) Systeme kann über folgende Ursachen beeinträchtigt werden:

1. direktes Trauma (Chen et al. 2006)
2. funktionelle Muskelstörung, wie erhöhte Ermüdbarkeit (Falla et al. 2004)
3. degenerative Gewebsveränderungen, wie Fasertransformation, Fettinfiltration, Muskelinhibition oder Atrophie (Elliott et al. 2006)
4. Blutarmut (Laube und Müller, 2004)
5. Veränderte Muskelspindelsensitivität durch das über Schmerz oder Stress aktivierte Sympathische Nervensystem (Passatore et al. 2006).
6. Somatische Reorganisation im Motorkortex des Zentralen Nervensystems und somit veränderte muskuläre Ansteuerung (Laube und Müller, 2004).

Die sensomotorische Kontrolle des Bewegungsapparates (und somit auch der Kopfbewegungen) ist auf afferente Informationen des vestibulären, visuellen und propriozeptiven Systems, die alle auf verschiedenen Ebenen im Zentralen Nervensystem konvergieren, angewiesen. Das zervikale Rückenmark spielt eine wichtige Rolle beim Durchschleusen von afferenten und efferenten Informationen. Dies zeigt sich unter anderem in den direkten Verbindungen zwischen den subokzipitalen Muskeln und dem vestibulären, visuellen und Zentralen Nervensystem (Corneil et al 2002).

Die Subokzipitalmuskeln weisen gemäss Boyd Clark et al. (2002) eine hohe Dichte an Muskelspindeln auf (200 pro Gramm verglichen mit 16 pro Gramm im ersten Lumbrikalmuskel des Daumens) und sind in drei wichtige Reflexbögen involviert, die Kopf, Augen und posturale Stabilität beeinflussen:

- Der Cervicocollic Reflex aktiviert als Antwort auf Dehnung die Nackenmuskulatur, um die Kopfposition aufrecht zu erhalten (Peterson, 1985)

- Der Cervicoocular Reflex wirkt mit dem Vestibuloocular und Optokinetik Reflex auf die Extraokularen Muskeln (Mergner et al. 1998)
- Der Tonische Nacken Reflex (TNR) agiert mit dem Vestibulospinal Reflex zusammen und stellt die Posturale Stabilität sicher (Yamagata et al. 1991)

Die Bedeutung der zervikalen Reflexbögen konnte anhand künstlich erzeugter Störungen der zervikalen Afferenzen bei gesunden Probanden demonstriert werden. Dabei zeigte Bove et al. (2002), dass einseitig auf die Halsmuskulatur eingeleitete Vibrationen zu verschiedenen akuten Beeinträchtigungen führten (Gleichgewichtsstörung, Kopf- / Augenpositionsveränderung, Veränderungen in der Laufgeschwindigkeit und Laufrichtung). Ähnliche Effekte konnten mit isometrischer Nackenmuskelkontraktion oder induzierter Nackenmuskelemüdung nachgewiesen werden (Vuillerme et al. 2005).

2.2. Behandlungsmethoden

Evidenzbasierte Behandlungen

Entsprechend der Bedeutung des sensomotorischen Systems für das Zervikalsyndrom wurde als Therapie eine Ursachenbehandlung vorgeschlagen, die sich an der veränderten zervikalen Somatosensorik orientiert (Treleaven 2008). Die Therapie sollte dem entsprechend Behandlungsmethoden einschliessen, die Einfluss auf die Mechanorezeptoren, Muskelspindeln, vestibuläres, visuelles und Zentrales Nervensystem haben (Abbildung 1). Mit Hilfe einer systematischer Review durch Gross et al. (2009) wurden in Tabelle 1 erfolgreiche Behandlungsmethoden bei chronischen Nackenbeschwerden dargestellt:

Tabelle 1: Evidenz für Nutzen von verschiedenen Behandlungsmethoden

Behandlung	Methode	Schmerz- linderung	Funktions- steigerung	Globaler Effekt
Multimodal	Stretching & Kraftübungen, Mobilisation, Manipulation für subakute / akute MND / NDH / NDR	◆◆◆		◆◆◆
Krafttraining (für MND/ NDH)	hight load Krafttraining	◆◆		
	Kraftausdauertraining Halsflexoren	◆◆		
	Koordination- & Haltungstraining (craniocervical, cervicoscapular)	◆◆	◆◆	◆◆
	Propriozeptives Training (cervical, cervicothorakal, Augenübungen)	◆◆	◆◆	◆
Medizin	Schmerzmittel, Entzündungshemmer	◆	◆	
Massage	Traditionelle chinesische Medizin (TCM) für MND		◆	
Laser	Low-level laser therapy (LLLT) für MND / DC	◆	◆	
Traktion	intermittierend für MND / NDR / DC	◆		◆
Orthosis	Orthopädischen Kissen für MND	◆		◆

Behandlung	Methode	Schmerz- linderung	Funktions- steigerung	Globaler Effekt
Akupunktur	TCM für MND / NDR / DC	◆ ◆		◆

- ◆ ◆ ◆ starke Evidenz für Nutzen
- ◆ ◆ mittlere Evidenz für Nutzen
- ◆ limitierte Evidenz für Nutzen

MND= Mechanisches Nackensyndrom, NDH= Nackensyndrom mit Kopfschmerzen, NDR= Nackensyndrom mit radikulärer Ausstrahlung, DC= degenerative Veränderung. Tabelle gilt nur für chronische Nackenbeschwerden. Alle Behandlungen wurden mehrmals wöchentlich (2-10) und über mehrere Wochen (2-16) durchgeführt. Tabelle wurde vereinfacht dargestellt (Gross et al. 2009).

Bei folgenden Methoden wurde keine Evidenz für einen positiven Nutzen bei chronischen Beschwerden nachgewiesen (Gross et al. 2009):

- Medizin: Botox, Vasodilator, steriles Wasser, Melatonin
- Heimübungen, als einzige Intervention
- Manualtherapie ohne zusätzliche Trainingstherapie
- Thermische Behandlungen: Wärmebeutel, Infrarotlicht, Ultrasound
- Elektrotherapie, Laser
- Patientenbildung: Empfehlung für Ruhe bei akutem Schleudertrauma
- Traktion: Statische Traktion

Aufgrund der unterschiedlichen Erfolge je nach Behandlungsmethode, konnten die in Abbildung 2 dargestellten Richtlinien zur Behandlung von Nackenpatienten benannt werden.

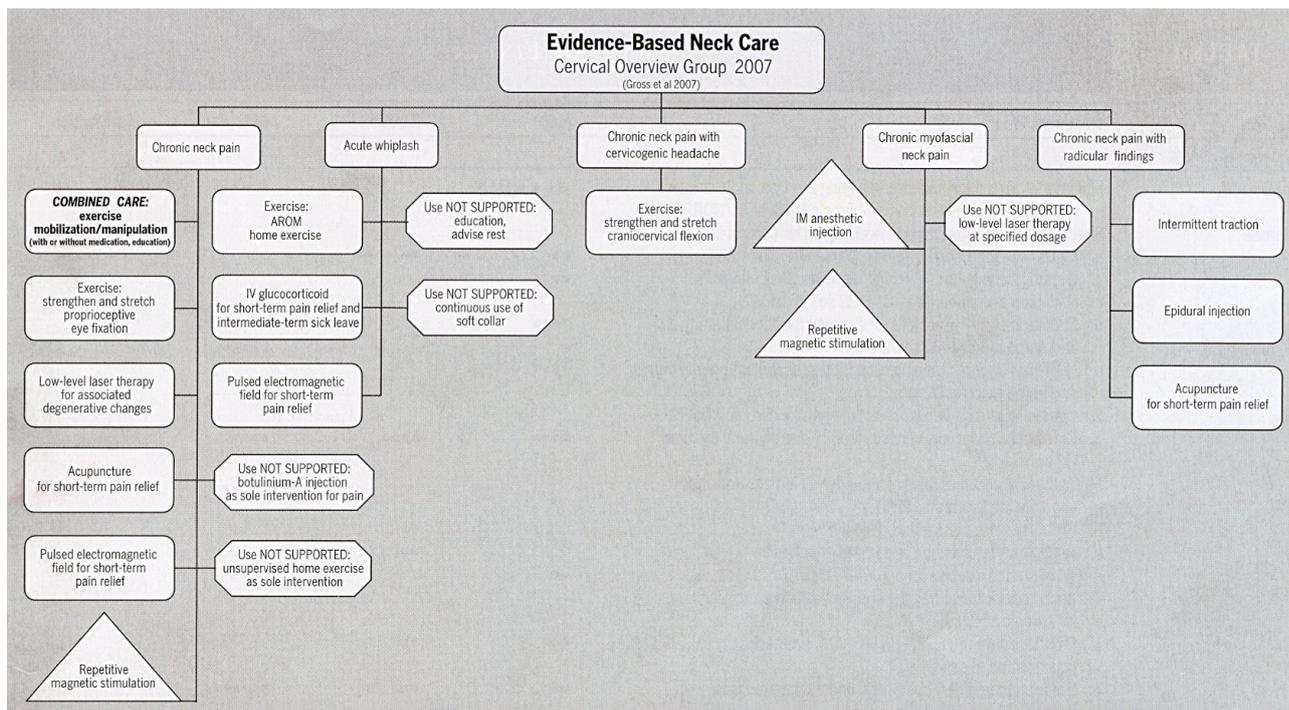


Abbildung 2: Algorithmische Recherche der Cervical Overview Group 2004, Interventionen aufgeteilt nach Syndromtypus. Die Geometrie der Form gibt Rückschlüsse auf die Evidenz der Behandlung: Rechteck mit Dickbuchstaben, starke Evidenz für Nutzen; Rechteck mit Normalschrift, mittlere Evidenz für Nutzen; Dreieck, limitierte Evidenz für Nutzen; Achteck, Evidenz für keinen Nutzen (Gross et al. 2009)

2.3. Das Vibrationstraining

Eine Behandlungsmethode, die Einfluss auf die Mechanorezeptoren, Muskelspindeln, vestibuläres, visuelles und Zentrales Nervensystem zu haben scheint, wie es von Treleaven 2008 und anderen (Gross et al. 2009; Kristjansson et al. 2009) gefordert wird, stellt das Vibrationstraining (Whole Body Vibration) mit synchron schwingender Platte dar. Im Folgenden sollen die Wirkungen von rein lokal wirkenden Vibrationen auf den Nacken und die Wirkungen des Vibrationstrainings im allgemeinen aufgezeigt werden.

Die Bedeutung der Vibrationen für den Nacken

Bei Neglectpatienten (Patienten mit halbseitiger Hirnläsion) geht man davon aus, dass die zentrale Transformation afferenter sensorischer Information (von der Retina, Nackenmuskelspindeln, Gleichgewichtsorgan) in das nicht-retinale räumliche Referenzsystem gestört ist (Karnath et al. 1994, 1997) und unter anderem mit Vibrationen wieder hergestellt werden kann (Karnath et al. 1993). So konnte mit Hilfe kleiner Handvibratoren (80 Hz, 0.4 mm Amplitude), mit denen einseitig direkt die hinteren Halsmuskeln aktiviert wurden, die Symptome von Neglectpatienten langfristig

reduziert werden (Schindler et al. 2002). In einem ähnlichen Studienprotokoll wurde sogar ohne zusätzliches Sehtraining, folglich ohne die direkte Kooperation des Patienten, sondern nur mit den Vibrationen, eine langzeitige Verbesserung festgestellt (Johannson et al. 2003).

Der allgemeine Nutzen des Vibrationstrainings

Während des Vibrationstrainings finden zyklische Übergänge von exzentrischen und konzentrischen Muskelkontraktionen statt. So ändert z. B. der Muskelsehnenkomplex vom Gastrocnemius seine Länge um 1% während eines Zyklus von 6 Hz (Cochrane et al. 2009).

Werden Vibrationen lokal direkt auf den Muskelbauch oder die Sehne angewendet, konnte eine verstärkte Entladung der Muskelspindel beobachtet werden. Die Entladung wächst mit zunehmender Muskeldehnung oder Muskelspannung, wie z. Bsp. bei isometrischer Kontraktion (Burke et al. 1976). Durch die vibrationsinduzierte Spindelentladung werden über mono- und polysynaptische Wege (Ia- und IIa-Afferenzen) α -Motoneurone erregt, die die Kontraktion im angeregten Muskel (Agonist) verstärkt. Die so entstandene reflexartige Muskelkontraktion wird tonischer Vibrationsreflex (TVR) genannt, welcher vor allem auf plötzliche (z. B. durch Vibration hervorgerufene) Muskellängenänderung reagiert (Hagbarth und Eklund 1966).

Die Spindelafferenzen konvergieren auf spinaler Ebene mit Informationen von Hautrezeptoren, Gelenkrezeptoren, Schmerzrezeptoren und anderen (Lundberg et al. 1975). Je nach Studienprotokoll, konnte zudem eine akut verstärkte Reflexantwort des Stretchreflexes (hervorgerufen übers Golgi-Sehnenorgan) oder H-Reflexes nachgewiesen werden (Nishihira et al. 2002; Rittweger et al. 2003).

EMG-Messungen am Vastus Lateralis haben ergeben, dass Vibrationen bei 30 Hz eine höhere EMG-Antwort und somit auch eine höhere Muskelaktivität provozieren, als bei 40 oder 50 Hz (Cardinale und Lim 2003). Des weiteren wird vermutet, dass Vibrationen bei submaximaler Last die Muskelaktivität stärker beeinflussen (Hagbarth et al. 1986; Moran et al. 2007).

Rittweger et al. (2010a) bewies, dass während des Vibrationstrainings die Oxigenierung der Zielmuskulatur in den ersten 30 Sekunden verstärkt ist. Diese Antwort ist zurückzuführen auf die lokalen Regulationsmechanismen der Gefäße und aufgrund der Muskelkontraktionen. Dies sei besonders bei pathologischen Bedingungen, wie degenerative Gewebsveränderungen und Blutarmut, klinisch relevant.

Rittweger (2010b) hat in einer Review folgende durch das Vibrationstraining verstärkte Effekte aus ca. 130 Studien der letzten 10 Jahren zusammengetragen:

- Akuteffekte: verstärkter Energiemetabolismus, erhöhte Durchblutung, erhöhter Temperaturanstieg, erhöhter Sauerstoffverbrauch und -zufuhr, erhöhte oder verschlechterte Maximal- und Explosivkraft, verbesserte Dehnfähigkeit, Gleichgewichtsprobleme (nur

während Vibrationen), verstärkte Wachstumshormon-, Cortisol-, Adrenalin- und IGF-1-Ausschüttung.

- Langzeiteffekte: verbesserte Schnellkraft und dynamische Maximalkraft, verbesserte oder vergleichbare isometrische Maximal- und Kraftausdauer, positive Effekte auf Knochendichte, Gleichgewicht und Haltungskontrolle.

2.4. Hypothese

Herleitung

Die physiologischen Grundlagen des chronischen Zervikalsyndroms zusammengefasst besagen, dass dessen Ursachen häufig in einer defizitären Koordination der Halsmuskulatur und in einer mangelnden Sauerstoffversorgung des Halsgewebes zu suchen sind (Laube und Müller, 2004; Treleaven, 2008). Für ein anabol-metabolisches Fließgleichgewicht braucht ein Muskel das Zusammenspiel von kontrollierter Belastung und Entlastung (Training und Erholung) (Laube und Müller, 2004). Dieses Verhältnis scheint bei Patienten mit persistierendem Zervikalsyndrom aus dem Lot gekommen. Vorwiegend sind psychische Faktoren (Angst, Stress, Motivation, Bewusstsein, usw.) und physiologische Faktoren (Nervensystem, Muskulatur, Knochen, Bänder, Gefäße, usw.) für die Koordination muskulärer Be- und Entlastung wichtig (Laube und Müller, 2004; Gisler, 2007). Diese Faktoren lassen sich durch verschiedene Behandlungsmethoden (Tabelle 1; Abbildung 2) beeinflussen. In Tabelle 2 wurden die Behandlungsmethoden der Be- oder Entlastung zugeordnet (Gliederungsvorschlag des Autors dieser Studie):

Tabelle 2: Das EEBB-Modell (links) als multimodales Therapieschema (rechts).

		Erklärung		Zuordnung	
		Entlastung	Belastung	Entlastung	Belastung
psychisch	Methoden, die über kognitive Leistung muskulär entspannen	Methoden, die das Bewegungsverständnis fördern	psychisch	Medikamente Gedanken-fokussierung Meditation Visualisieren Placebo-Effekt usw.	Patientenbildung Information / Motivation Lernen ermöglichen Fokussierung Bewegungs-vorstellung usw.
	Methoden, die über physische Einwirkung muskulär entspannen	Methoden, die die physische Bewegungserzeugung fördern		physiologisch	Manipulation / Mobilisation / Traktion Akkupunktur Massage Laser Orthosis Medikamente Wärme / Kälte Wasser Operation Vibrationen usw.

Fett gedruckt: vorgeschlagene Behandlungsmethoden für das chronische Zervikalsyndrom nach Treleaven et al. (2009) und Gross et al. (2004). Fein gedruckt: Ergänzungen des Autors.

EEBB= psychische **Entlastung**, physiologische **Entlastung**, psychische **Belastung**, physiologische **Belastung**

Vielfach befassen sich Therapien entweder nur mit dem Aspekt der Schmerzbehandlung (Muskelverspannung / Schmerzen lösen) oder nur mit dem Aspekt der Verbesserung der Koordination und Kondition des Patienten (Gross et al. 2004; Haines et al. 2009; Kristjansson et al. 2009). Im Extremfall besucht ein Patient gemäss Abbildung 2 mehrere Behandlungsmethoden, um die Lebensqualität massgeblich zu verbessern.

Fragestellung

O'Leary et al. (2009) schlagen vor, dass eine Manualtherapie (gezielte Muskelentspannung oder Entlastungsmethode) in Kombination mit einer medizinischen Trainingstherapie (gezielte Muskelanspannung als Belastungsmethode) auszuführen sei.

Vor diesem Hintergrund, stellt sich nun die Frage: „Ist eine kombinierte Therapie, in der beide Aspekte in der gleichen Sitzung zum Zuge kommen, Erfolg versprechender?“

Hypothese

Um die Fragestellung beantworten zu können, sollen die Effekte zweier bewegungstherapeutischer Ansätze (Vibrationstherapie und Physiotherapie) anhand verschiedener Anpassungen (vgl. erwartete Verbesserungen der Tabelle 7 und 8) miteinander verglichen werden. Dies führt zu folgender Hypothese:

„Die erworbenen physiologischen und psychologischen Anpassungen sind bei der Vibrationstherapie-Gruppe (Vb*) grösser als bei der Physiotherapie-Gruppe (Pt*).“

3. Methodik

3.1. Studiendesign

Allgemein

Um die Hypothese zu testen, wurde eine prospektive, randomisierte, einfach verblindete und mit Kontrollgruppe getestete Studie durchgeführt, bei welcher Patienten mit Zervikalsyndrom vor und nach einer Interventionsphase physisch und psychisch orientierte Tests absolvierten.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Eidgenössisch Technischen Hochschule (ETH) Zürich bewilligt und wurde durch einen ärztlichen und einen physiotherapeutischen Spezialisten für Rückenleiden betreut. Die Testdurchführung stellten zwei unabhängige Physiotherapeuten sicher, assistiert vom Autor.

Alle Patienten wurden vollständig über die Experimente mit deren Gefahren und Möglichkeiten aufgeklärt. Dazu gaben Sie in schriftlicher Form ihr Einverständnis zur Studienteilnahme ab.

Patienten

54 Patienten wurden zur Studie zugelassen und zeigten zervikale Beschwerden seit mindestens 6 Monaten, zudem wurde bei ihnen Befunde gemäss der Grade I bis III des Quebec Task Force (QTF) für Schleudertraumata diagnostiziert. Tabelle 3 beschreibt die verschiedenen Stufen des QTF.

Tabelle 3: Die Quebec Klassifikation der Whiplash Associated Disorders (Schleudertraumata) (Cassidy et al. 1995)

Grad	Klinische Präsentation
0	Keine Nackenbeschwerden, keine somatischen Befunde
I	Nackenbeschwerden mit Schmerz, Steifigkeit oder nur Schmerzhaftigkeit. Keine somatischen Befunde
II	Nackenbeschwerden und muskuloskelettale Befunde ^a
III	Nackenbeschwerden und neurologische Befunde ^b
IV	Nackenbeschwerden und Frakturen oder Dislokation

a Die muskuloskelettalen Befunde schliessen eine verminderte Beweglichkeit und punktuelle Druckschmerzhaftigkeit mit ein.

b Die neurologischen Befunde schliessen abgeschwächte oder fehlende Muskeleigenreflexe, Muskelschwäche und sensible Ausfälle mit ein.

Bei allen Graden können weitere Symptome und Störungen auftreten wie Schwindel, Tinnitus, Kopfschmerzen, Gedächtnisstörungen, Dysphagie und Schmerzhaftigkeit der temporo-mandibulären Gelenke, Hörstörungen.

Ausgeschlossen wurden Personen, die folgende Indikationen zeigten:

- akute Nackenbeschwerden
- jünger als 18 Jahre, älter als 65 Jahre
- Patienten mit Frakturen, Tumoren
- Orthostatische (lageabhängige) Kopfschmerzen
- degenerative Erkrankungen im fortgeschrittenem Stadium (Osteoporose, Herz-Kreislaufkrankungen, Diabetes mit Mikroangiopathien, Gallen-/Nierensteine, Spondylarthrose, usw.)
- Psychosen
- neurologische Erkrankungen und Verletzungen
- Schwangerschaft
- Akuterkrankungen und entzündliche Prozesse (Fieber)
- Implantate, die jünger als 6 Monate sind
- frische Wunden sowie Operationen, jünger als 2 Monate
- Herz-, Hirnschrittmacher
- Chemo- oder ähnliche Krebstherapien

16 Patienten verliessen die Studie aufgrund beruflichen oder familiären Verhältnissen, drei konnten die Anzahl der nötigen Behandlungen während der Interventionsphase nicht erreichen (Motivationsschwierigkeiten), zwei erlitten im persönlichen Umfeld während der Studie einen Unfall und eine Person konnte aufgrund diffuser Schmerzen nicht behandelt werden. Diese insgesamt 22 Patienten wurden in der Statistik nicht weiter beachtet. Abbildung 3 soll den Verlauf über die Teilnehmerzahlen der Studie veranschaulichen. Die anthropometrischen Daten der verbleibenden 32 Patienten sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Anthropometrische Daten der 32 ausgewerteten Patienten

	Geschlecht		Alt	BMI	ZS Jahre	Haut	sSt	
	m	w	Jahre	kg/m ²	Jahre	mm	1	2
Pt*	Anzahl		7	4			6	5
	Mittelwert		47	25,9	7,4	19		
	Standardabweichung		± 9	± 4,0	± 5,5	± 5		
	Minimum		36	20,0	2,0	10		
	Maximum		62	33,5	19,0	25		
Vb*	Anzahl		4	4			5	3
	Mittelwert		46	22,9	7,4	13		
	Standardabweichung		± 5	± 2,6	± 8,0	± 3		
	Minimum		39	18,0	2,0	10		
	Maximum		52	25,9	26,0	20		
K*	Anzahl		10	3			6	7
	Mittelwert		46	24,9	5,7	17		
	Standardabweichung		± 9	± 2,8	± 3,8	± 6		
	Minimum		29	18,5	1,5	12		
	Maximum		65	28,1	15,0	30		
p-Wert			1.00	0.14	0.81	0.03		

Pt*= Physiotherapie-Gruppe; Vb*= Vibrationstherapie-Gruppe; K*= Kontroll-Gruppe; m= Anzahl Männer; w= Anzahl Frauen; BMI= Body Mass Index; ZS Jahre= Anzahl Jahre, seit denen das Zervikalsyndrom besteht; Haut= Dicke der zervikalen Hautfalte, sSt= sozialer Status (1= tiefer, 2= höher, gemäss subjektiver Einschätzung des Autors)

Studienablauf

Die 54 Patienten wurden randomisiert in eine erste Interventionsgruppe Physiotherapie (Pt*), zweite Interventionsgruppe Vibrationstherapie (Vb*) und eine Kontrollgruppe (K*), die keine bewegungstherapeutische Intervention erhielten, sondern ausschliesslich durch den Arzt behandelt wurden, aufgeteilt (Abbildung 3). Die Randomisierung fand gezwungen von der zeitlichen Studienanordnung (Sommerferien) fast automatisch statt. Diejenigen Patienten, die länger als 2 Wochen ferienhalber abwesend waren, wurden automatisch in die Kontrollgruppe eingeteilt. Die übrigen wurden nach dem Zufallsprinzip in die beiden Interventionsgruppen randomisiert.

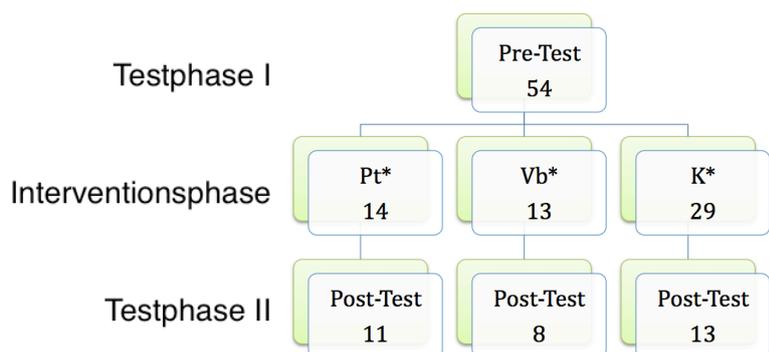


Abbildung 3: Anzahl Patienten, die die jeweiligen Testphasen durchlaufen haben.

Pt*= Physiotherapie-Gruppe; Vb*= Vibrationstherapie-Gruppe; K*= Kontroll-Gruppe

Bei allen Gruppen wurde während der gesamten Studiendauer und darüber hinaus die ärztliche Betreuung sichergestellt. Tabelle 5 zeigt den zeitlichen Verlauf, wobei die Studie in Testphase I, Interventionsphase und Testphase II unterteilt wurde.

Tabelle 5: Die verschiedenen Phasen der Studie und der zeitliche Aufwand für den einzelnen Patienten (Gesamtdauer ca. 11-13 Wochen)

1. Woche Testphase I	Interventionsphase							10. Woche	11. Woche Testphase II
Pre-Test	Medizinische Betreuung durch Arzt +							Post-Test	
	Pt* oder Vb* oder ohne bewegungstherapeutische Massnahme (K*)								
1 h	0.5 h/Woche plus 15 min./Tag							1 h	

Pt*= Physiotherapie-Gruppe; Vb*= Vibrationstherapie-Gruppe; K*= Kontroll-Gruppe; h= Stunde; min.= Minute

Die gesamte Versuchsanordnung fand im Rahmen einer Pilotstudie einfach verblindet statt, wobei die Testleiter weder im Pre- noch im Post-Test wussten, in welcher Gruppe der zu testende Patient sich befand.

Der Pre- und Posttest, sowie die Vibrationstherapie fanden in der Praxis des betreuenden Arztes statt, die Physiotherapie in den Räumen des die Studie betreuenden Physiotherapeuten. Auf diese Weise konnte die Sicherheit bei einem Notfall während den Behandlungen gewährleistet werden.

3.2. Messungen

In der Tabelle 6 sind die in der Studie angewendeten Messmethoden und den daraus gewonnen Messgrößen zusammengestellt.

Tabelle 6: Übersicht über die Messgrößen und deren Messmethoden.

Messgröße	Erklärung	Messmethode
$\Delta [\text{HbO}_2]$	Konzentrationsänderung des oxygenierten Hämoglobins & Cytochroms	Nah-Infrarot Spektroskopie (NIRS)
$\Delta [\text{Hb}]$	Konzentrationsänderung des deoxygenierten Hämoglobins & Cytochroms	Nah-Infrarot Spektroskopie (NIRS)
Zeit	Kraftausdauer der vorderen Halsflexoren	Grimmer-Test
Winkelgrad	Kopfrotation in Transversal-, Sagital- und Frontalebene	Cervical Range of Motion (CROM)
cm	Abstand zwischen Ausgangs- und Endpunkt	Relocation Test
Anzahl Punkte in %	Fragebogen	Neck Disability Index (NDI)
Anzahl Punkte	Fragebogen	Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ)
Dicke der Hautfalte		Caliper
Stärke der Schmerzen	Skala von keine bis sehr starke Schmerzen (0-10)	Numerischen Rating Scala (NRS)
EEBB	Anzahl der in einer Therapiesitzung angewendeten Entlastungs- und Belastungsarten (EEBB).	Interventionskatalog

Zusätzlich wurden folgende Messgrößen errechnet:

- Der Gewebesauerstoff-Index (Tissue Oxygenation Index (TOI)) beschreibt das Verhältnis von oxygeniertem Hämoglobin (Hb) zum Gesamthämoglobin bestehend aus der relativen oxygenierten und deoxygenierten Hb-Konzentration. Er entspricht einer Gewebesauerstoffsättigung und errechnet sich nach der Formel: $\text{TOI} [\%] = \frac{\text{HbO}_2}{[\text{HbO}_2 + \text{Hb}]} \times 100$
- Der Gewebehämoglobin-Index (Tissue Hemoglobin Index (THI)) ist die Summe aus oxygeniertem Hb plus deoxygeniertem Hb und damit ein Maß für die Hb-Konzentration im Messgebiet: $\text{THI} = \text{HbO}_2 + \text{Hb} [\text{a.u.}]^1$

Messmethoden

Die **Nah-Infrarot Spektroskopie (NIRS)** beruht auf der relativ guten Transparenz biologischer Gewebe für Licht im Wellenlängenbereich des Infraroten und der guten Absorption biologisch relevanter Chromophoren. Die Chromophoren Hb und Cytochrom haben verschiedene Absorptionsspektren in Abhängigkeit von ihrem Oxygenierungs- bzw. Deoxygenierungsgrad, dabei detektiert NIRS deren Änderungen (ΔHbO_2 , ΔHb). Die idealisierende Annahme dieses Verfahrens ist, dass sich die vom NIRS emittierten Photonen in einem homogen absorbierenden und

¹ arbitrary unit

streuenden Medium bewegen. Die histo-anatomische Schichtenstruktur wird dabei vernachlässigt. Der Lichtemitter sendet nah-infrarotes Licht definierter Wellenlängen [775 und 850 nm] mittels Laserdioden aus. Für den Lichtempfang sind im Lichtdetektor zwei Photodioden parallel angeordnet. Der Lichtemitter und der Lichtdetektor (Abbildung 4), stehen in einem definierten Abstand von 3 cm zueinander.

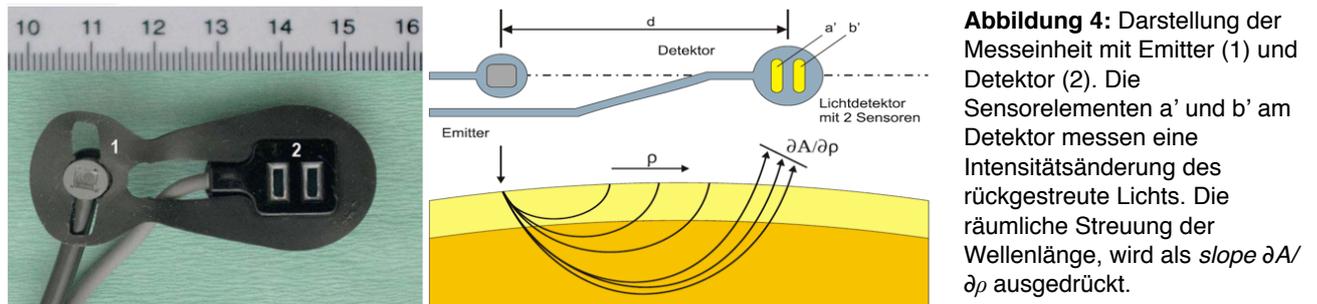


Abbildung 4: Darstellung der Messeinheit mit Emittor (1) und Detektor (2). Die Sensorelementen a' und b' am Detektor messen eine Intensitätsänderung des rückgestreute Lichts. Die räumliche Streuung der Wellenlänge, wird als *slope* $\partial A / \partial \rho$ ausgedrückt.

Die zwei Detektoren messen die durch die Rückstreuung provozierte Intensitätsänderung des Infrarotlichtes (ΔOD_{775} , resp. ΔOD_{850} ; wobei OD = Optical Density) nachdem das Licht eine absorbierende Substanz durchdrungen hat (oxygeniertes und deoxygeniertes Hb / Cytochrom) und setzt die Konzentration dieser Substanz mit der gemessenen Intensitätsänderung in Zusammenhang: $\Delta OD = k \Delta [HbO_2] + k' \Delta [Hb]$ (wobei k =Konstanten). Somit sind relative Aussagen über die Konzentrationen von Hb und Cytochrom möglich.

Basierend auf dieser zugrunde liegenden Methode können bei dem in dieser Studie eingesetzten NIRS-Gerätes NIRO 300 (Hamamatsu Photonics, Japan) klinisch anwendbare Parameter abgeleitet werden. Dies sind zum einen der TOI sowie zum anderen der THI (Nagdyman 2008; Yamada et al. 2005)).

Um beim **Grimmer-Test** die Muskelausdauerkraft der Halsflexoren zu messen, wurden die auf einer Behandlungsliege verweilenden Patienten angewiesen, eine kraniozervikale Flexion auszuführen und dabei ihren Kopf leicht abzuheben. Hierbei wird die Zeit ab Erreichen der Ausgangsposition bis zur ersten Ausweichbewegung des Kopfes gemessen. Der Test gilt als zuverlässig (De Koning et al. 2008).

Das **Cervical Range of Motion (CROM) Gerät** registrierte die regionale Mobilität der HWS. Das Gerät zeigt gute Validität und gute intra-individuelle Reliabilität (Tousignant et al. 2006; Hoving et al. 2005; Dallalba et al. 2001).

Für den **Relocation-Test** wurde ein Laserpointer direkt auf das CROM-Gerät geklebt. Dabei sass der Patient in einem Abstand von 90 cm zur Wand und versuchte mit geschlossenen Augen nach

Kopffrotation einen zuvor anvisierten Punkt wieder zu treffen. Der Abstand zwischen Start und Endposition wird „joint relocation error“ genannt und soll Rückschlüsse über die Steuerung der Halsmuskulatur und die Propriozeption im Halsgewebe geben. Abweichungen, die grösser als 5 cm sind, werden bereits als Defizite der Wahrnehmung der zervikalen Gelenkposition (joint position sense) bezeichnet und ist typisch für Zervikalsyndrompatienten (Treleaven et al. 2003).

Die Beschreibung von Einschränkungen, der Grad von Partizipation, Bewegungsangst und Lebensqualität wurden mit den deutschen Versionen des **Neck Disability Index (NDI)** (gemessen mit einem Prozentscore, Cleland et al. 2008) und des **Fear Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ)** verifiziert. Beim FABQ wurde der Begriff Rückenbeschwerden durch Nackenbeschwerden ersetzt (Landers et al. 2008). Die hohen psychometrischen Eigenschaften, Validität und Reliabilität des NDI und FABQ sind anerkannt (Staerke et al. 2004; Lee et al. 2006).

Mit einem **Caliper** wurde die Hautfaltendicke und somit die örtliche Dicke der Bindegewebsschicht bestimmt (Beam et al. 2009). Dieser Wert sollte in die statistische Berechnung der Gewebesauerstoffsättigung eingeflochten werden, um genauere, inter-individuelle Aussagen über die Hb- & Myoglobinkonzentration des durchleuchteten Gewebes machen zu können.

Der Schmerz wurde mit der **Numerische Rating Skala (NRS)** gemessen. Die NRS verlangte vom Patienten die Intensität des Schmerzempfindens auf einer Skala von 0 bis 10 zu bewerten (Test gilt als zuverlässig: Farrar et al. 2009; Kool et al. 2002).

Beim **Interventionskatalog** wurde jede Behandlungsmethode aufgelistet und gemäss dem EEBB-Modell (EEBB= psychische **E**ntlastung, physiologische **E**ntlastung, psychische **B**elastung, physiologische **B**elastung; Tabellen 7 und 8) einer Ent- oder Belastungsart zugeordnet. Diese Dokumentation wurde pro Patient und Therapiesitzung von den Therapeuten ausgefüllt (Anhang, S. 45).

Messprotokoll

Bei allen Test wurde auf eine einheitlich vorgegebene Testerklärung und Befehlserteilung geachtet, sie wurden in vorgegebener Reihenfolge ausgeführt. Die Messungen wurden durch zwei unabhängige Physiotherapeuten (Testleiter) durchgeführt, wobei der Autor als Assistent agierte. Die Testleiter wurden vorgängig aufeinander abgestimmt und massen beim Post-Test die gleichen Patienten wie beim Pre-Test.

1. Die Fragebögen (NDI & FABQ) wurden in einem separierten Zimmer und in Ruhe ausgefüllt. Die Patienten hatten jederzeit die Möglichkeit von einer unabhängigen Person Hilfe bei Fragen einzufordern.
2. Für die CROM-Messungen sass der Patient aufrecht auf einem Stuhl. Während den Messungen wurde darauf geachtet, dass keine Ausweichbewegungen im

- Schulterbereich stattfanden. Der Patient bewegte seinen Kopf nur bis zu seiner individuellen Schmerzgrenze. Als erstes wurde die Kopfrotation in der Transversalebene, dann die Seitwärtsneigung in der Frontalebene und zum Schluss die Vor-/Rückneigung in der Sagalebene gemessen. Es wurde immer zuerst die linke, dann die rechte Seite gemessen und vor jeder Messung wurde die Bewegung dreimal zum Angewöhnen ausgeführt. Gemessen wurde pro Bewegung jeweils einmal.
3. Für den Relocation-Test konnte der Patient in gleicher Position auf dem Stuhl sitzen bleiben. In dieser Position war der Kopf ca. 90 cm (\pm 5 cm) von der Wand entfernt. Bei einer, gemäss individuellem Gefühl, neutralen Kopfhaltung, wurde bei dem an die Wand projizierten Laserpunkt eine Markierung angebracht. Von hier aus bewegte der Patient den Kopf mit geschlossenen Augen und innerhalb seiner Schmerzgrenze maximal nach links, nach rechts und wieder in die Ausgangsposition zurück. Jetzt wurde der Abstand zwischen Markierung und Lichtpunkt gemessen. Es wurde direkt nach Testerklärung und nur einmal gemessen.
 4. Auf Höhe des Halswirbels C4 wurde direkt auf der linken Seite des Dornfortsatzes die Hautfaldendicke mit dem Caliper gemessen. Der Caliper wurde soweit zusammengedrückt, bis der druckempfindliche Knopf einschnappte. Der Wert wurde innerhalb von 4 Sekunden abgelesen. Es wurde einmal und nur beim Posttest gemessen.
 - 5.1. Die Messeinheit des NIRS wurde 2 cm unterhalb der linken Linea nuchea inferior des Occipitalknochens mit Medi-Tape und Netzverband angeheftet, nachdem diese Region von vorhandenen Haaren befreit wurde. Nach Anbringen der Einheit wurde der Patient auf der Behandlungsliege vorsichtig in Rückenlage gebracht. Dann startete die Messung. Es wurde zuerst drei Minuten in Ruhe, dann während des Grimmertests und danach wieder drei Minuten in Ruhe gemessen, wobei das NIRS nie gestoppt wurde. Die drei Messabschnitte wurden mit elektronischen Markern gekennzeichnet. Gemessen wurde nur einmal.
 - 5.2. Mit klaren Anweisungen und seinen Händen führte der Testleiter den Kopf des Patienten in die Ausgangsposition des Grimmertests. Darauf erhielt der Patient den Befehl, Muskelspannung aufzubauen, so dass er den Kopf selbständig halten konnte. Der Testleiter entfernte dann vorsichtig seine Hände vom Kopf des Patienten. Vom Zeitpunkt des Kontaktverlustes zwischen Kopf und Hand bis zur ersten Positionsveränderung des Kopfes wurde die Zeit gemessen. Die korrekte Kopfhaltung wurde einmal vor der richtigen Zeitmessung für 3 Sekunden geübt. Danach wurde der Test einmal ganz durchgeführt. Während des gesamten Grimmer-Tests zeichnete NIRS auf.

5.3. Im direkten Anschluss an den Grimmer-Test entspannte sich der Patient nochmals für drei Minuten. Erst dann wurde die NIRS-Messung gestoppt und der Patient von der Apparatur befreit.

Das NIRS mass mit 2 Hz und über einen variablen Zeitraum von 6.5 - 8 Minuten. Die zeitliche Variable wurde durch die Länge des Grimmer-Tests bestimmt. Alle relevanten Phasen wurden während der NIRS-Messung immer mit Markierungspunkten gekennzeichnet.

3.3. Intervention

Die Physio- und die Vibrationstherapie wurden unter Betreuung je einmal pro Woche über die Gesamtdauer von 9 Wochen angewendet. In beiden Therapieformen musste der Patient täglich zwei bis vier Heimübungen absolvieren (Tabelle 5; Anhang S. 46/47).

Physiotherapie

In der Physiotherapie wurden je nach Schmerzort, Schmerzempfindung, Schmerzursache, Schmerzdauer und Schmerzgang im täglichen Leben, individuell und nach Erfahrung des Therapeuten der in Tabelle 7 dargestellten Behandlungsmethoden angewendet.

Tabelle 7: Die Physiotherapie gemäss EEBB-Modell (links) mit den erwarteten Anpassungen gemäss dieser Studie (rechts).

	Physiotherapie			erwartete Verbesserungen	
	Entlastung	Belastung		Entlastung	Belastung
psychisch	Atemtherapie	Verhaltensinstruktion	psychisch	Sauerstoffversorgung der Halsmuskulatur in Ruhe, Lebensqualität, akute Schmerzwahrnehmung	Lebensqualität
physiologisch	Osteopathie, Craniosakraltherapie, Massage, Elektrotherapie, Triggerpunktbehandlung, TENS	Haptonomie Medizinische Trainingstherapie Heimübungen	physiologisch	Bewegungsumfang des Kopfes, Lebensqualität, akute Schmerzwahrnehmung	Kraft der Halsmuskulatur, Sauerstoffversorgung der Halsmuskulatur bei Belastung der Halsmuskulatur, zervikale Wahrnehmung, Lebensqualität, langfristige Schmerzwahrnehmung

Vibrationstherapie

Die Vibrationstherapie hat zum Ziel, die jeweils zwei Belastungs- und Entlastungsarten in nur einer Therapiesitzung zu vereinen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Die Vibrationstherapie gemäss EEBB-Modell (links) mit den erwarteten Anpassungen gemäss dieser Studie (rechts).

	Vibrationstherapie			erwartete Verbesserungen	
	Entlastung	Belastung		Entlastung	Belastung
psychisch	Gedanken- fokussierung, Atmungs- entspannung	Verhaltens- instruktion, Patientenbildung, Bewegungs- vorstellung	psychisch	Sauerstoff- versorgung der Halsextensoren in Ruhe, Lebensqualität, akute Schmerz- wahrnehmung	Lebensqualität
physiologisch	Mobilisation, Traktion, Massage Vibrationstraining	Koordinatives Training, Vibrationstraining Heimübungen	physiologisch	Bewegungsumfang des Kopfes, Lebensqualität, akute Schmerz- wahrnehmung	Kraft der Halsflexoren, Sauerstoffversorgung der Halsextensoren bei Belastung der Halsflexoren, zervikale Wahrnehmung, Lebensqualität, langfristige Schmerz- wahrnehmung

Die Vibrationstherapie vereint somit mindestens vier Behandlungsmethoden, die jeweils der psychischen / physiologischen Belastung / Entlastung zugeordnet werden können.

1. Bei der Vibrationstherapie entspannte sich der Patient in Rückenlage auf einer Liege durch die Fokussierung seiner Gedanken auf die Halsmuskulatur. Das bewusste Ausatmen konnte dabei die Entspannung fördern. Der Therapeut versuchte den Patienten dabei zu unterstützen und kontrollierte laufend mit seinen Händen den Spannungszustand dessen Halsmuskulatur (**psychische Entlastung**).
2. Als Unterstützung übte der Therapeut einen leichten Zug am Kopf des Patienten aus und mobilisierte dessen einzelnen Hals- und Brustwirbel. Hierbei wurde darauf geachtet, dass keine Schmerzen entstanden (**physische Entlastung**).
3. Die Übungsauswahl und deren Ausführungen wurden dem Patienten verständlich erklärt, sodass er die Trainingsmethoden besser nachvollziehen konnte. Somit vergrösserte sich die Möglichkeit des Lernerfolgs (**psychische Belastung**).

4. Im Anschluss wurde ein Training durchgeführt. Das Training beinhaltete Übungen zur Wirbelsäulenaufrichtung (Haltungsschulung) und entsprechende Koordinationsübungen (selbstständige Wirbelsäulenmobilisation), wobei ein Teil der Übungen unter Vibrationseinwirkung ausgeführt wurden (Abbildung 5) (**physiologische Belastung**).

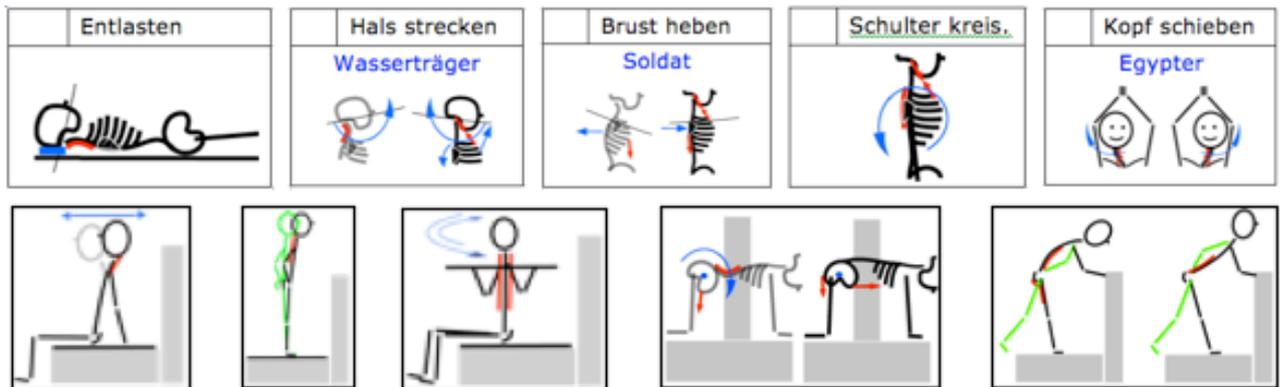


Abbildung 5: Die häufigsten angewendeten Übungen in der Vibrationstherapie. Heimübungen (obere Bildreihe, Anhang S. 47) und Vibrationsübungen (untere Bildreihe).

Die Übungen wurden auf einer Vibrationsplatte des Typus Power Plate Pro 5, (Power Plate, Amsterdam) ausgeführt. Das Trainingsprogramm und die Belastung wurde im Verlaufe der Interventionsphase stetig den individuellen momentanen Empfindungen und Entwicklungen des Patienten angepasst. Somit wurde mit Frequenzen zwischen 30-40 Hz, mit low oder high Amplituden (entspricht 2, respektive 4 mm Hub, gemäss Herstellerangaben) und, je nach Verträglichkeit der Vibrationen, mit zusätzlichen Dämpfungsparametern (Matte, Kissen, T-Bow, Stützgriffe, Feinjustierung der Körperposition) gearbeitet. Die Netzdiagramme der Abbildung 6 widerspiegeln an einem Patientenbeispiel die Belastungsänderung im Verlaufe der Interventionsphase (zur Datenerhebung, siehe Anhang S. 48). Es wurde bei allen Übungen immer mit Eigenkörpergewicht und vereinzelt mit einer Langhantelstange (5 kg) gearbeitet.

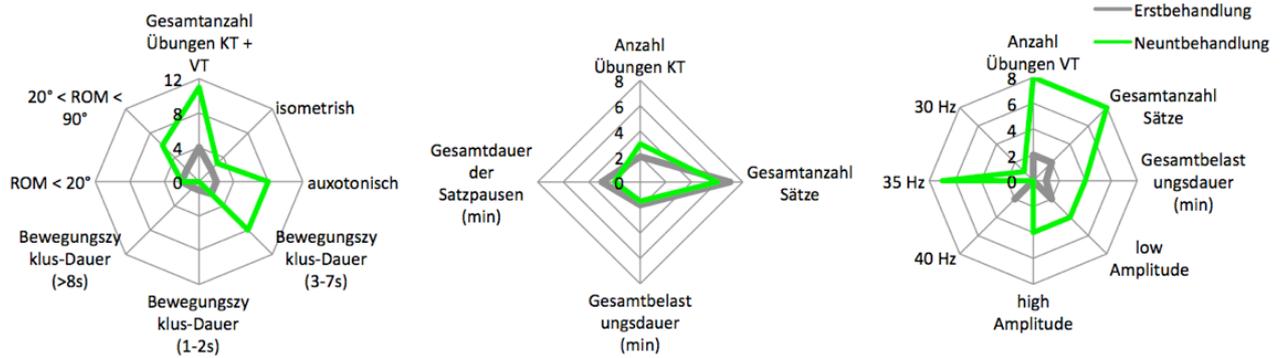


Abbildung 6: Mögliche Veränderungen in der Trainingsbelastung zwischen erster und neunter Behandlung am Beispiel eines einzelnen Patienten. Die mit ‚Gesamt‘ bezeichneten Parameter sind aufsummiert über die Anzahl Übungen. Beim ersten Netzdiagramm von links sind die Parameter für KT und VT aufsummiert; das zweite wiedergibt nur die Parameter fürs KT; das dritte nur welche fürs VT. Hier werden unter anderem die Anzahl Übungen aufgezeigt, die mit entsprechender Frequenz und Amplitude ausgeführt wurden. KT= Konventionaltraining; VT Vibrationstraining; ROM= Range of Motion einer dynamischen Übung; min= Minuten; s= Sekunden; Hz= Hertz.

3.4. Methoden der Auswertung

NIRS

Da das NIRS keine absoluten Werte lieferte, mussten verschiedene Phasen miteinander verglichen werden. Die Messung wurde somit in 5 Phasen aufgeteilt. Ruhephase 1+2, Grimmer-Test und Ruhephase 3+4. Zu Beginn wurden die Mediane der Messwerte der 1. Minute (1), 2. bis 3. Minute (2), Zeit des Grimmer-Tests (3), Ende Grimmer-Test bis 1. Minute danach (4) und 2. bis 3. Minute nach Grimmer-Test (5) genommen. In einem zweiten Schritt wurden die Differenzen zwischen den verschiedenen Phasen ausgerechnet, welche dann untereinander verglichen wurden (Abbildung 7).

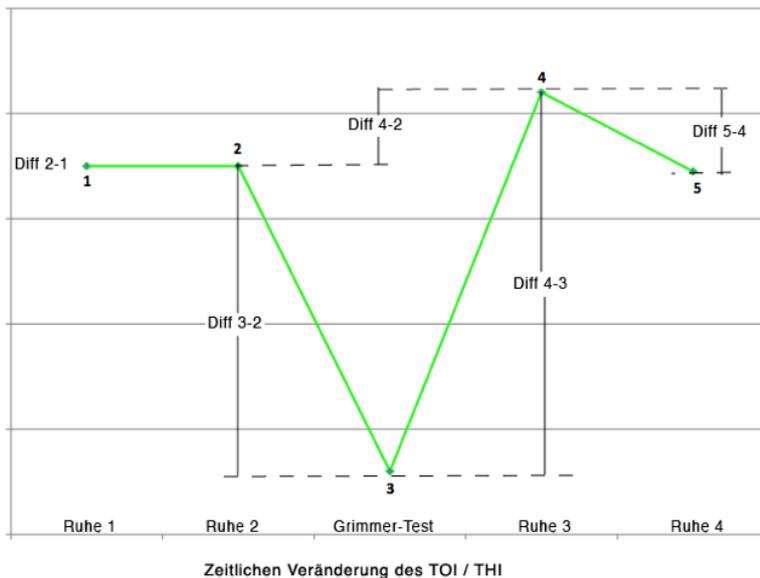


Abbildung 7: Beispiel einer zeitlichen Veränderung des TOI / THI. TOI= Tissue Oxigenation Index, THI= Tissue Hemoglobine Index, Diff= Differenz, 1= Median der 1. Minute, 2= Median der 2. bis 3. Minute, 3= Median der Zeit des Grimmer-Tests, 4= Median des Grimmer-Test bis 1. Minute danach und 5= Median des 2. bis 3. Minute nach Grimmer-Test

Schmerzempfindung

Die NRS, die während der Interventionsphase über 9 Wochen täglich ausgefüllt wurde, wurde wöchentlich gemittelt.

Multimodalität

Gemäss dem EEBB-Modell (Tabelle 2) gibt es pro Feldabdeckung einen Punkt. Eine multimodale Therapie erreicht bei voller Feldabdeckung pro Patient und pro Therapiesitzung maximal 4 Punkte, entsprechend psych. / phys. Entlastung und Belastung. Die Anzahl der Entlasungs- und Belastungsarten (EEBB-Felder) wurden pro Patient über neun Wochen gemittelt.

Verworfenne Messwerte

Aufgrund der unvollständigen Umsetzung der studienrelevanten Aufgaben durch den beauftragten Physiotherapeuten wurde in der Pt* die NRS nur mangelhaft ausgefüllt, mit der Konsequenz, dass nur jene NRS-Werte der Vb* und K* ausgewertet wurden.

Statistik

Die statistische Datenanalyse wurde mit PASW Statistics 18 durchgeführt. Die erhaltenen Werte wurden auf ihre Häufigkeiten überprüft, das Signifikanzniveau auf 0.05 festgelegt. Normalverteilte Daten wurden mit einer einfaktoriellen ANOVA und bei paarweisem Vergleich mit unabhängigem T-Test auf ihre Signifikanz überprüft, wobei das Signifikanzniveau beim paarweisen Vergleich mit der Bonferroni-Korrektur angepasst wurde ($p \leq 0.017$). Nicht normalverteilte Daten wurden mit

einfaktorieller ANOVA nach Kruskal-Wallis und beim paarweisen Vergleich mit dem Mann-Whitney-U-Test geprüft. Das Signifikanzniveau beim paarweisen Vergleich wurde ebenfalls mit Hilfe der Bonferroni-Korrektur angepasst.

Die Korrelationen wurden bivariat gemäss Pearson berechnet und zweiseitig auf Signifikanz überprüft.

Da es sich um eine Interventionsstudie mit kleiner Patientenzahl handelte, wurde zusätzlich noch die Effektgrösse (d) bestimmt. Zu ihrer Standardisierung wurde die Kontrollgruppenstreuung verwendet. Zusammen mit der Signifikanz erhöht die Effektgrösse die Aussagekraft der Resultate (Leonhart 2004).

4. Resultate

4.1. Subjektive Messgrössen

Signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Post-Tests wurden beim **NDI** ($p=0.037$) gefunden. Betrachtet man die Pre-Post-Unterschiede beim NDI paarweise zwischen den Gruppen, verbesserte sich die Vb* gegenüber der Pt* gemäss signifikant ($p= 0.014$; $d= 1.05$), gegenüber der K* ist die Verbesserung nicht mehr signifikant ($p= 0.025$; $d= 0.94$). Der Effekt ($d\geq 0.8$) ist in beiden Fällen gross. Zwischen Pt* und K* kann keinen Pre-Post-Unterschied festgestellt werden ($p= 0.789$; $d= 0.1$). Der kleine Effekt ($d\leq 0.2$) bestätigt diesen Befund.

Weiterhin konnte eine statistische Tendenz ($0.05\leq p \leq 0.1$) im Pre-Post-Vergleich beim **FABQ-act** (FABQ Auswertung für die Freizeitaktivitäten) ($p= 0.051$) gefunden werden. Der paarweise Vergleich mit Bonferroni-Korrektur lieferte folgende Resultate: Im Vergleich zur K* konnte beim FABQ-act eine signifikante Veränderung mit hoher Effektgrösse zugunsten Vb* ausgemacht werden ($p= 0.008$; $d= 1.31$). Jedoch wurden keine signifikanten Pre-Post-Veränderungen beim FABQ-act zwischen Vb* und Pt* ($p= 0.328$; $d= 0.59$) und zwischen Pt* und K* ($p= 0.162$; $d= 0.72$) gefunden. Bei beiden wurde ein mittlerer Effekt ($d\approx 0.5$) festgestellt.

Beim **FABQ-work** (FABQ Auswertung für die Arbeitsaktivitäten) konnten keine signifikanten oder tendenziellen Gruppenunterschiede festgestellt werden.

Die **NRS**-Resultate zeigen, dass die subjektiv empfundenen Schmerzen der Vb*, verglichen mit denen der K* innerhalb der 9 Wochen signifikant abnahmen ($p= 0.018$; $d= 2.44$) (Abbildung 8).

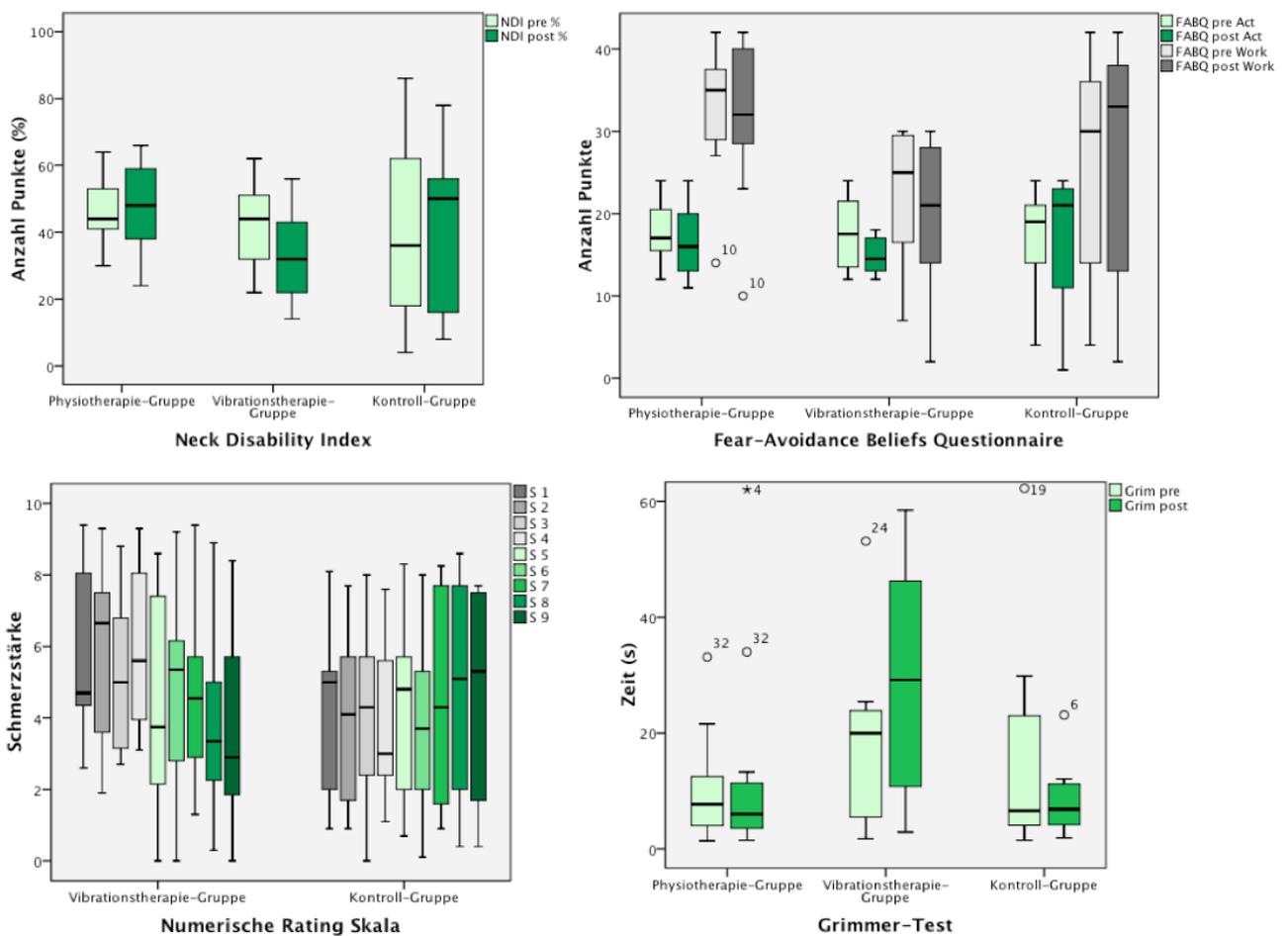


Abbildung 8: Messresultate im Vergleich zwischen Pre- und Post-Test der beiden Fragebögen über die Lebensqualität (FABQ und NDI), Schmerzempfindung und Grimmer-Test. pre = Pre-Test Messung; post = Post-Test Messung.

Links-oben: Fragebogen über die Einschränkungen im Alltag. Je weniger Anzahl Punkte erreicht wurden, desto weniger ist der Patient im Alltag eingeschränkt. (Maximalpunktzahl 50) NDI = Neck Disability Index; % = (erreichte Punktzahl)/50

Rechts-oben: Fragebogen über das Angst- und Vermeidungsverhalten in der Freizeit und Arbeit. Die Gesamtpunktzahl für Freizeit ist 24 und für die Arbeit 42. Je geringer die erreichte Punktzahl, umso geringer ist das Angst- und Vermeidungsverhalten in der Freizeit oder Arbeit. FABQ = Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire; Act = FABQ Auswertung für Freizeitaktivitäten; Work = FABQ Auswertung für Arbeitsaktivitäten

Links-unten: Subjektive Schmerzempfindung, registriert mit der Numerischen Rating Skala. Je tiefer der Wert, umso geringer sind die subjektiv empfundenen Schmerzen in der jeweiligen Woche; S1-S9 = Werte der Interventionswochen 1-9

Rechts-unten: Kraftausdauerer test der Halsflexoren. Je länger der Test ausgeführt werden konnte, umso grösser die Kraftausdauer-Leistungsfähigkeit; Grim = Grimmer-Test

4.2. Objektive Messgrössen

Eine statistische Tendenz ($p=0.097$) im Pre-Post-Vergleich wurde beim **Grimmer-Test** beobachtet. Der paarweise Vergleich mit Bonferroni-Korrektur zeigte eine positive statistische Tendenz mit kleiner bis mittleren Effektgrösse in Richtung Vb*, einerseits verglichen mit der Pt* ($p=0.069$; $d=0.30$) und andererseits verglichen mit der K* ($p=0.051$; $d=0.44$). Zwischen der Pt* und der K* konnte weder eine signifikante noch tendenzielle Veränderung festgestellt werden ($p=0.664$; $d=0.13$).

Weder beim **Relocation-Test** ($p= 0.996$) noch beim **CROM** (siehe Tabelle 9) konnten signifikante oder tendenzielle Gruppenunterschiede festgestellt werden.

Auch beim **NIRS** konnten keine signifikanten oder tendenziellen Differenzen zwischen den Gruppen gefunden werden (Abbildung 10).

Tabelle 9: p-Werte des Cervical Range of Motion (CROM)

Test	Nicken		Neigen		Rotieren	
	rückwärts	vorwärts	links	rechts	links	rechts
p-Wert	0.777	0.995	0.693	0.522	0.293	0.742

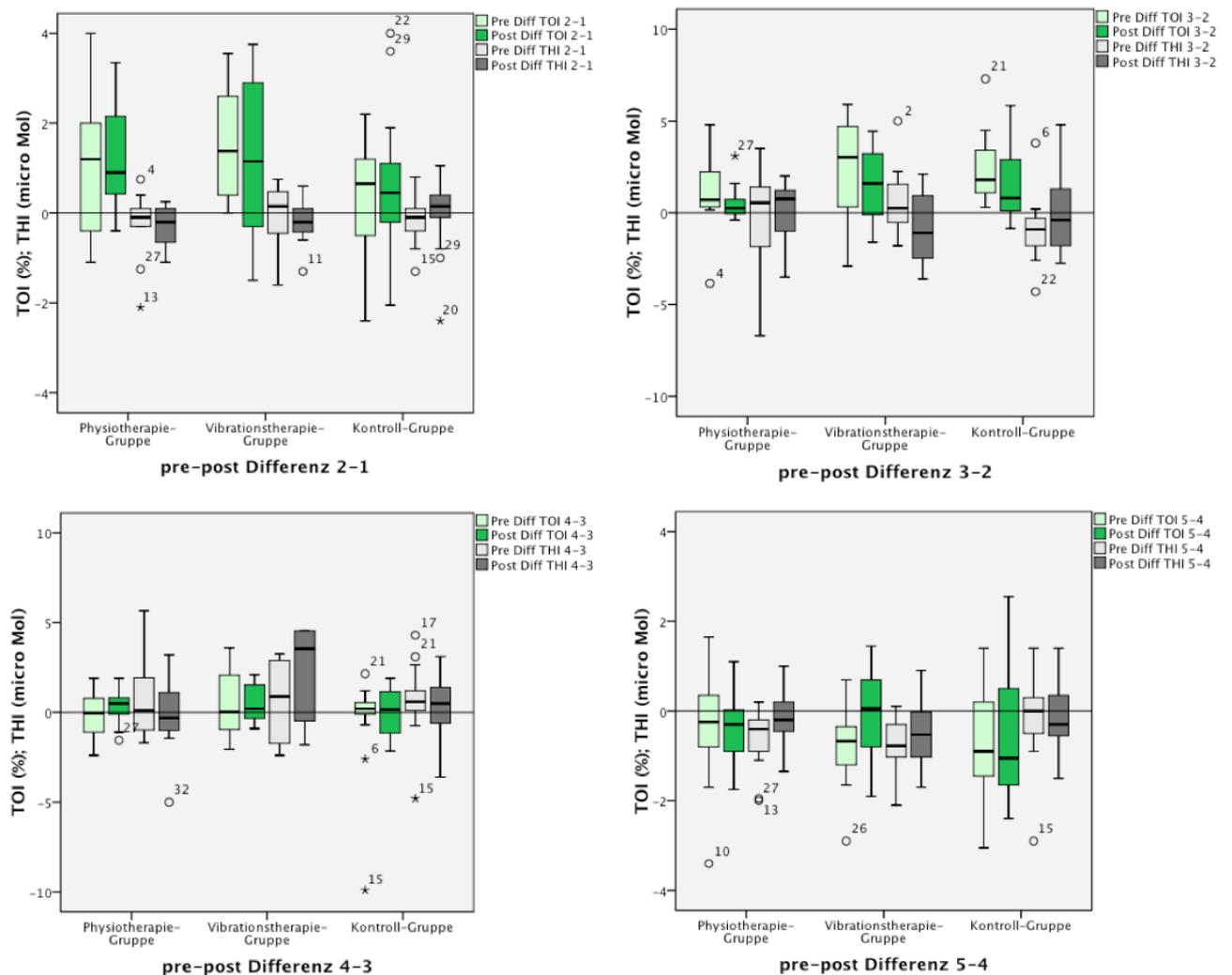


Abbildung 10: NIRS-Messungen. TOI = Tissue Oxigenation Index, THI = Tissue Hemoglobin Index, Pre = Pre-Test, Post = Post-Test, Diff = Differenz

oben-links: Differenzen zwischen den Ruhephasen der 0.-1. und 2.-3. Minute (2-1).

oben-rechts: Differenzen zwischen den Phasen des Grimmer-Tests und 2.-3. Minute (3-2).

unten-links: Differenzen zwischen den 1. Minute nach Grimmer-Test und Grimmer-Test (4-3).

unten-rechts: Differenzen zwischen der 1. Minute nach Grimmer-Test und der letzten Ruheminute (5-4).

EEBB

Die Anteile der während der Interventionsphase angewendeten Entlastungs- und Belastungsarten über alle Patienten einer Gruppe sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Anteile, der während 9 Therapiesitzungen angewendeter Entlastungs- und Belastungsarten gemäss dem EEBB-Modell.

	Physiotherapie (11 Patienten)		Vibrationstherapie (8 Patienten)	
	Entlastung	Belastung	Entlastung	Belastung
psychisch	0.08 ± 0.27	0.56 ± 0.19	0.90 ± 0.04	1.00
physiologisch	0.75 ± 0.16	0.60 ± 0.31	0.90 ± 0.04	1.00

Zahlen als Mittelwert ± Standardabweichung. Der Maximalwert 1.00 besagt, dass die Interventionsart in allen 9 Sitzungen angewendet wurde. Ein kleinerer Wert als 1.00 bedeutet, dass die Patienten diese Interventionsart in weniger als 9 Sitzungen geniessen durften.

4.3. Korrelationen

Folgende Korrelationen wurden gefunden:

- Die Hautfaltendicke korrelierte mit dem Body Mass Index BMI ($r^2 = 0.216^*$) und dem Alter ($r^2 = 0.340^*$).
- EEBB korrelierte negativ mit dem Schmerzverlauf ($r^2 = 0.203^*$), FABQ-act Pre-Post-Differenz ($r^2 = 0.243^*$) und mit der NDI Pre-Post-Differenz ($r^2 = 0.180^{**}$).
- Die Pre-Post-Differenz im Grimmer-Test korrelierte negativ mit NDI Pre-Post-Differenz ($r^2 = 0.138^{**}$) und FABQ-act Pre-Post-Differenz ($r^2 = 0.135^{**}$).
- Pre Diff TOI 3-2 / Pre Diff THI 3-2 korrelieren negativ mit Pre Diff TOI 4-3 / Pre Diff THI 4-3 ($r^2 = 0.506^* / r^2 = -0.373^*$). Ebenso verhalten sich die Post-Messungen ($r^2 = 0.794^* / r^2 = 0.405^*$).
- Sozialer Status (gemäss Einschätzung des Autors) korrelierte mit BMI ($r^2 = 0.323^*$), Grimmer-Post-Test ($r^2 = 0.165^{**}$) und EEBB ($r^2 = 0.166^{**}$).

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

5. Diskussion

Die Problematik des Zervikalsyndroms muss mit multimodalen Therapien angegangen werden, um dem Patienten langfristigen Erfolg zu gewährleisten (Gross et al. 2009). Zwei solcher multimodalen Therapien wurden in dieser Studie untersucht und mit einer Kontrollgruppe verglichen. Wie von Gross et al. (2009) vorgeschlagen, wurden in der vorliegenden Studie Kombinationen von verschiedenen Behandlungsmethoden innerhalb der beiden multimodalen Therapien, die sich klar in ihrer Methodik unterscheiden, angewendet. Zum ersten Mal wurde in einer Studie und im Rahmen einer multimodalen Therapie das Vibrationstraining an Patienten mit Zervikalsyndrom angewendet.

5.1. Therapieeffekte

Bedeutung der Multimodalität einer Therapie

Die signifikanten Korrelationen der EEBB mit der subjektiven Schmerzempfindung (NRS), NDI- und FABQ-act-Auswertung bestätigen, dass umso multimodaler (gemessen an EEBB) gearbeitet werden konnte, desto positiver beeinflusste das die Lebensqualität des Patienten. Somit konnte gezeigt werden, dass die Multimodalität der Behandlung entscheidend den Therapieerfolg beeinflusste. Es beobachteten bereits Bronfort et al. (2001), dass MTT kombiniert mit Manipulationen in derselben Therapiesitzung für den chronischen Nackenpatienten mehr Nutzen bringt.

Diese Resultate stimmen mit den tendenziell und signifikant stärkeren Verbesserungen der Vb* gegenüber der Pt* und K* in jenen Bereichen (NDI, FABQ und Schmerzempfindung) überein, wobei in der Vibrationstherapie multimodaler gearbeitet wurde als in der Physiotherapie. Im Schnitt über 9 Therapiesitzungen wurden in der Vibrationstherapie 3.8 und in der Physiotherapie 2.0 Entlastungs- und Belastungsarten gemässe dem EEBB-Modell angewendet.

Effekte auf die subjektive Empfindung der Patienten

Die Resultate zeigen, dass sich die NDI- und FABQ-act-Werte der Vb* und somit die psychische und physische Lebensqualität dieser Patienten signifikant verbesserten (Cleland et al. 2008; Landers et al. 2008).

Die Schmerzintensität nahm in der Vb* signifikant ab, während sich die der K* statistisch nicht veränderte. Die minimale Differenz zwischen Pre- und Post-Test für eine klinische Aussagekraft

der NRS liegt bei 1.3 Punkte (Cleland et al. 2008). Diese wurde in Vb* von 5 Personen und in der K* von einer Person im positiven Sinne überschritten.

Wie bereits Falla et al. (2004) und Jull et al. (2009) feststellten, kann die Halswirbelsäule durch eine verbesserte Koordination der kranio-zervikalen Flexion zwar länger stabilisiert werden, allerdings ohne nachgewiesener funktioneller Verbesserung. So konnten auch in dieser Studie, trotz der relativ klaren Verbesserung der Vb* im Grimmer-Test, keine signifikanten Zusammenhänge mit den Resultaten des CROM gefunden werden. Es konnte aber gruppenunabhängig gezeigt werden, dass allgemein eine signifikante Korrelation zwischen den Fortschritten im Grimmer-Test und einer Verbesserung der Lebensqualität (NDI und FABQ) besteht.

Effekte auf die objektiven Messgrößen

Die verbesserte Kraftausdauer während des Grimmer-Tests bei der Vb* stimmt mit den bekannten Effekten des Vibrationstrainings überein (siehe Kapitel 2.3.). Das lässt vermuten, dass die bis zum Kopf geleiteten Vibrationen, in dieser Hinsicht ihre Wirkung nicht verfehlten. Es wurde während der gesamten Vibrationstherapie weder mit hohem Zusatzgewicht, noch mit extremer Hebelwirkung (z.Bsp. Kopfübungen mit Eigengewicht in horizontaler Lage), sondern nur mit koordinativen Vibrationsübungen auf die Halsmuskulatur Einfluss genommen.

Die signifikant negative Korrelation der NIRS Messung zwischen den Phasen 3-2 und 4-3, spricht die durch den Grimmer-Test provozierten Differenzen der örtlichen Sauerstoffversorgung und des Hämoglobingehaltes, bestätigen auf Halsniveau, dass sich während einer Muskelanspannung oder Entspannung der Sauerstoffverbrauch ändert (Yamada et al 2005).

Die Theorie hinter der kombinierten Testanwendung des NIRS mit dem Grimmer-Test und den Ruhephasen, bestand darin, dass, umso besser die Koordination der Halsmuskulatur funktionierte, desto weniger sollte sich während des Tests (der vorderen Halsflexoren) der Gewebesauerstoffverbrauch des hinteren Halsgewebes verändern. Es konnte aber mit der NIRS-Messung nicht gezeigt werden, ob diese Veränderungen die Symptome beeinflussen und umgekehrt. Die inter- und intra-individuellen Unterschiede der Gewebsreaktion auf den Krafttest waren zu gross. Die gefundenen Resultate ähneln den Beobachtungen von Kerry und Taylor (2009). Sie zitierten diverse Autoren, die Blutflusstests mit Doppler-Sonographie machten und herausfanden, dass Probanden einen stark reduzierten Blutfluss der vertebrealen Arterien aufweisen können ohne Symptome zu zeigen und vice versa. Es erwies sich als schwierig, die gemessenen Veränderungen der Blutversorgung mit einzelnen Symptomen in Verbindung zu bringen.

5.2. Limitationen

Datenerhebung

Es kann unterschiedliche Gründe haben, dass das NIRS nur wenig aussagekräftige Resultate lieferte. Eventuell waren die Gruppengrößen zu klein, die Diagnose zu undifferenziert, die Gruppenzusammensetzung zu heterogen oder der NIRS Sensor zu sensibel auf Bewegung, so dass Bewegungsartefakte entstanden. Eventuell lässt sich die Gewebesauerstoffveränderung während bestimmten Bewegungen so (noch) nicht allgemein messen, da es viele und unterschiedliche Steuermechanismen gibt (Suhr et al. 2006).

Für den Relocation-Test wurde ein für eine statistische Aussage ungeeignetes Protokoll verwendet. Das Protokoll beinhaltete nur eine Wiederholung. Für eine gute Reliabilität werden aber mindestens deren acht empfohlen (Pinsault et al. 2008).

Der Test könnte mit einem Computerprogramm optimiert werden, wobei einerseits ein ähnliches Protokoll verwendet würde. Andererseits könnte ein Protokoll eingesetzt werden, bei dem der Patient mit offenen Augen verschiedene Punkte auf dem Bildschirm so schnell und präzise wie möglich ansteuert (Gross et al. 2009). In beiden Fällen könnten so zusätzlich Rückschlüsse über die Bewegungsgeschwindigkeit gezogen werden. Eventuell liesse sich letzteres auch in ein Computerspiel integrieren, wobei wahrscheinlich ein höherer Einfluss auf die Motivation des Patienten gewährleistet wäre.

Der Hautdickenparameter wurde nicht weiter in der Statistik beachtet, da keine Korrelationen zwischen der Faltendicke und der NIRS-Messung gefunden werden konnte. Er wurde nur einmal gemessen, unter der Annahme, dass sich die Hautfaltendicke am Hals während 9 Wochen nicht beachtlich variierte, falls sich das Gewicht in der gleichen Zeit nicht drastisch änderte.

Aufgrund finanzieller Limitierung, musste auf die Datenerhebung über die Trainingsbelastung der Pt* verzichtet werden. Dem zuständigen Physiotherapeuten war dieser Aufwand ohne Bezahlung zu gross.

Behandlungsmethoden

Gemessen an der Leidensdauer vieler Patienten, waren 9 Wochen Interventionszeit relativ kurz. Auf der anderen Seite war das Belastungsintervall von durchschnittlich einmal die Woche Therapiesitzung recht lange. Bessere Erfolge bei beiden Therapien hätten eventuell mit mehr als einer Sitzung pro Woche und längerer Interventionsdauer erzielt werden können. Die Evidenz des Nutzens steigt mit der Anzahl (2-4) Behandlungen pro Woche (Gross et al. 2009). Diese Lücke wurde versucht mit Heimübungen zu kompensieren. Jedoch wurde die Compliance der

Heimübungen nicht kontrolliert. Erfahrungsgemäss machten aber die motivierteren Patienten bei beiden Behandlungsmethoden (Pt* und Vb*) koordinativ bessere Fortschritte und konnten gegen Ende der Interventionszeit komplexere Bewegungsmuster ausführen.

Die in dieser Studie zum Zuge gekommene physiotherapeutische Methode ist aufgrund der therapeutischen Freiheit, zu wenig repräsentativ für andere Behandlungen von Patienten mit Zervikalsyndrom. Es gibt (noch) keine standardisierte Behandlungen bei Zervikalsyndrom, sondern nur Empfehlungen (Gross et al. 2009).

Die Behandlungsdauer der Vibrationstherapie ging bis 40 Minuten, die der Physiotherapie bis 30 Minuten. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei längerer Behandlungsdauer die Physiotherapie auch multimodaler hätte arbeiten können. Somit relativieren sich in dieser Hinsicht die positiven Unterschiede der Vibrationstherapie zu Gunsten der Physiotherapie.

In der Vibrationstherapie wurde bei den Patienten, die weniger gut auf die Therapie ansprachen, die Therapierihenfolge geändert oder jeweils eine Methode weggelassen. Ziel war es, auf den momentanen Zustand des Patienten optimal eingehen zu können, ohne vom Konzept zu stark abzuweichen.

Die Vibrationstherapie hat sicherlich grosses Verbesserungspotential. Zukünftig müssen einerseits die Bereiche der Entlastungsmethoden verfeinert und problemorientierter angegangen werden. Andererseits ist im Vibrationstraining noch zu wenig bekannt, was die unterschiedlichen Frequenzen, Amplituden, Schwingungsarten und Positionen physiologisch im Körper verändern. Ebenfalls empfiehlt es sich die Effekte zukünftig mit einer Placebo-kontrollierten Langzeit-Studie zu überprüfen, wobei ein Placebo-Vibrationsgerät verwendet werden könnte, das mit vernachlässigbar kleiner Amplitude arbeitet.

Gruppenzusammensetzung

Bei der Randomisierung der Gruppe fand keine Stratifizierung statt. Um homogenere Gruppen zu erhalten wäre eine Stratifizierung gemäss QTF und Alter sicher sinnvoll gewesen, setzt aber gleichzeitig auch einen grösseren Patientenpool und eine längere Rekrutierungsphase voraus, was den Rahmen dieser Pilotstudie gesprengt hätte. Erschwerend für die Gruppenhomogenisierung kam sicher der Zeitpunkt der Interventionsphase hinzu. Die ferienbedingte Abwesenheit gewisser Patienten sorgte einerseits für eine gezwungene Randomisierung und zum Verzicht der Stratifizierung gemäss QTF. Andererseits war aber gleichzeitig sichergestellt, dass die Kontrollgruppenpatienten aufgrund ihrer Abwesenheit keine Therapien besuchten. Es war schwierig Patienten der K* während der Interventionsphase von Therapien abzuhalten, von deren Beschwerdenlinderungseffekt sie bereits erfahren konnten. Trotz

ihrer informierten Zustimmung ist es möglich und vorstellbar, dass sich nicht alle Studienteilnehmer der Kontrollgruppe daran hielten.

Eine weitere Schwierigkeit war die relativ wenig differenzierte Diagnose des Zervikalsyndroms. So zeigten z. Bsp. Treleaven et al. (2005), dass, im Gegensatz zu Patienten mit Gleichgewichtsstörungen und Störungen im Zentralen Nervensystem, Nackenschmerzpatienten eine veränderte Kontrolle der Augenbewegungen bei um 45° gedrehtem Kopf haben konnten. Montfoort et al. (2006) zeigten, dass Schleudertraumapatienten einen erhöhten Cervico-ocularen Reflex aufwiesen. Die Komplexität des Problems und die unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen können Gründe für die mangelhafte Evidenz von Therapiemethoden sein. Um die Aussagekraft von zukünftigen Interventionsstudien für Zervikalsyndrome zu verstärken, muss trotz des QTF genauer zwischen den Beschwerdebildern unterschieden werden.

5.3. Erfahrungsbericht

Die Vibrationen im Kopf wurden unterschiedlich empfunden. Für den Grossteil der Patienten war sie unangenehm und zu Beginn hatten einige der Studienteilnehmenden auch Angst davor. Vibrationen bei 40 Hz wurden tendenziell als angenehmer empfunden als bei 30 Hz. Interessanterweise nahm bei fast allen Patienten die Schmerzintensität direkt nach dem Training akut ab und hielt einige Stunden bis Tage an. Eine Patientin nahm nach der Linderung überproportional stärkere Schmerzen wahr. Bei ihr und einer anderen Patientin verbesserte sich das Schmerzbild während der Interventionsphase nicht, obwohl sie koordinativ gute Fortschritte machten. Bei der einen schien das Belastungsintervall von einer Woche zu kurz, bei der anderen zu lange.

Als positive Nebenerscheinung konnte in der hier angewendeten Vibrationstherapie beobachtet werden, dass anhand des Vibrationstrainings, das sehr global auf den Körper wirkt, gleich mehrere Beschwerdebilder „mittherapiert“ wurden. So verbesserte sich nicht nur das Gangbild, die Kraft und Wahrnehmung eines über eine Nervenkompression abgeschwächten und gefühlsreduzierten Fusses, sondern auch die Beschwerden auf Lendenniveau verschiedener Patienten. Die Erfahrung des Autors zeigte, dass das Vibrationstraining, ganzheitlich eingesetzt, bemerkbare Effizienz erbrachte (Allgemein wird beobachtet, dass in kürzerer Zeit mehr und intensiver belastet werden kann als im konventionellen Training (Rittweger, 2010)).

Bei der Vb* konnte gemäss subjektiver Empfindung des Therapeuten während der Mobilisation Verbesserungen in Form eines verringerten Muskeltonus, einer höheren Entspannungsfähigkeit und einfacherer Mobilisation beobachtet werden.

Es wurde vermutet, dass das soziale Umfeld (persönliche Situation in der Familie und in der Arbeit), die persönliche Einstellung und der Bildungsstand des Patienten Einfluss auf die Motivation und somit auf den Behandlungserfolg hatten. Hinweise auf diese Vermutung lieferte die Korrelation des Sozialstatus mit dem Grimmetest, EEBB und dem BMI (Siehe Kapitel 4.3, S. 27).

5.4. Schlussfolgerung

Die Hypothese, dass ein gezieltes Vibrationstraining (Belastung) kombiniert mit entsprechenden Entspannungsmethoden (Entlastung) zu stärker ausgeprägten physiologischen und psychologischen Anpassungen führt als eine weniger multimodale Physiotherapie, konnte nur teilweise bestätigt werden. Die Datenlage deutet aber darauf hin, dass multimediale Therapieformen, zumindest kurzfristig, erfolgsversprechend sind. Weitere placebo-kontrollierte Langzeitstudien mit multimodaler Vibrationstherapie sind nötig.

6 Literatur

- Anderson-Peacock E., Blouin JS., Bryans R., Danis N., Furlan A., Marcoux H., Potter B., Ruegg R., Gross Stein J., White E.: Chiropractic clinical practice guideline. Evidence based treatment of adult neck pain not due to whiplash. *JCCA J Can Chiropr Assoc.* (2005) 49(3): S. 158-209
- Bove M., Courtine G., Schieppati M.: Neck Muscle Vibration and Spatial Orientation During Stepping in Place in Humans. *pavia italy.J Neurophysiol* (2002) 88: S. 2232-2241
- Boyd-Clark L.C., Briggs C.A., Galea M.P.: Muscle Spindle Distribution, Morphology, and Density in Longus Colli and Multifidus Muscles of the Cervical Spine. *Spine* (2002) 27(7): S. 694-701
- Bronfort G., Evans R., Nelson B., Aker P.D., Goldsmith C.H., Vernon H.: A Randomized Clinical Trial of Exercise and Spinal Manipulation for Patients With Chronic Neck Pain. *SPINE* (2001) 26(7): S. 788–799
- Burke D., Hagbarth K.E., Lofstedt L., Wallin B.G.: The responses of human muscle spindle endings to vibration during isometric contraction. *J Physiol* (1976): S. 261,695
- Cardinale M., Lim J.: Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res* (2003) 17: S. 621–624
- Cassidy J.D.: Scientific Monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: Redefining „Whiplash“ and its Management. *Spine* (1995) 20: S. 8
- Cleland J.A., Childs J.D., Whitman J.M.: Psychometric properties of the Neck Disability Index and Numeric Pain Rating Scale in patients with mechanical neck pain. *Arch Phys Med Rehabil* (2008) 89: S. 69-74
- Cochrane D.J., Loram I.D., Stannard S.R., Rittweger J.: Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement and modulation of EMG activity during acute whole-body vibration. *Muscle Nerve* (2009) 40(3): S. 420-429
- Corneil B.D., Olivier E., Munoz D.P.: Neck Muscle Responses to Stimulation of Monkey Superior Colliculus. I. Topography and Manipulation of Stimulation Parameters. *J Neurophys* (2002) 88(4): S. 1980-1999
- DallAlba P.T., Sterling M.M., Treleaven J.M., Edwards S.L., Jull G.A.: Cervical range of motion discriminates between asymptomatic persons and those with whiplash. *Spine* (2001) 26 (19): S. 2090-2094

- De Koning C., van den Heuvel S.P., Staal J.B., Smits-Engelsman B.C., Hendriks E.J.: Clinimetric evaluation of methods to measure muscle functioning in patients with non-specific neck pain: a systematic review. *Biomed Central* (2008) 19(9): S. 142
- Elliott J., Jull G., MPhty G., Noteboom J.T., Darnell R., Galloway G., Gibbon W.W.: Fatty Infiltration in the Cervical Extensor Muscles in Persistent Whiplash-Associated Disorders: A Magnetic Resonance Imaging Analysis: *Spine* (2006) 31 (22): S. E847-E855
- Ettlin T.: Schleudertrauma In: Chronischer Muskelschmerz Grundlagen, Klinik, Diagnose, Therapie: Mense S., Pongratz D., Steinkopff Verlag. Darmstadt (2003): S. 125-144
- Falla D., Jull G.A., Hodges P.W.: Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine* (2004) 29: S. 2108-2114
- Falla D., O'Leary S., Fagan A., Jull G.: Recruitment of the deep cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting. *Man Ther* (2007) 12: S. 139- 143
- Farrar J.T., Pritchett Y.L., Robinson M., Prakash A., Chappell A.: The Clinical Importance of Changes in the 0 to 10 Numeric Rating Scale for Worst, Least, and Average Pain Intensity: Analyses of Data from Clinical Trials of Duloxetine in Pain Disorders. *J Pain* (2009) 11(2): S. 109-118
- Gisler, T.: Stretching – ein Auslaufmodell? Einflussnahme auf Muskeltonus, Muskellänge, und artikuläre Strukturen. *Schweizerische Zeitschrift für ‚Sportmedizin und Sporttraumatologie‘* (2007) 55(4): S. 139-148
- Graf M., Grill C., Wedig H.-D.: Beschleunigungsverletzung der Halswirbelsäule. *HWS-Schleudertrauma*. Steinkopff Verlag (2009) 21: S. 472
- Gross A., Haines T., Goldsmith C. H., Santaguida L., McLaughlin LM., Peloso P., Burnie S., Hoving J.: Knowledge to action: A challenge for neck pain Treatment. *Canada J Orth Sport Phys Ther* (2009) 29(5): S. 351-363
- Gross A., Miller J., D'Sylva J., Burnie SJ., Goldsmith CH., Graham N., Haines T., Brønfort G., Hoving JL.: A Cochrane review of Manipulation and Mobilisation for mechanical neck disorder. *Spine* (2004) 39(14): S. 1541-1548
- Hagbarth K.E., Eklund G.: Motor effects of vibratory stimuli in man. In: Granit R (ed) Nobel symposium. Muscular afferents and motor control. Almqvist and Wiksell, Stockholm (1966)

- Haines T., Gross AR., Burnie S., Goldsmith CH., Perry L., Graham N.: Patient education for neck pain with or without radiculopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. Ontario. *Spine* (2009) 9(10): S. 859-871
- Hoving J.L., Koes B.W., de Vet H.C., van der Windt D.A., Assendelft W.J., van Mameren H., Deville W.L., Pool J.J., Scholten R.J., Bouter L.M.: Manual therapy, physical therapy, or continued care by a general practitioner for patients with neck pain. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*. (2002) 136: S. 713-22
- Johannsen L., Ackermann H., Karnath H.O.: Lasting amelioration of spatial neglect by treatment with neck muscle vibration even without concurrent training. *J Rehabil Med* (2003) 35: S. 249–253
- Jull G.A., Falla D., Vicenzino B., Hodges P.W.: The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Man Ther* (2009) 14: S. 696-701
- Jull G.A., O'Leary S.P., Falla D.: Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test. *J Manipulative Physiol Ther* (2008) 31: S. 525-533 Kool J.P., Oesch P.R., de Bie R.A.: Predictive tests for non-return to work in patients with chronic low back pain. *Eur Spine* (2002) 11: S. 258-266
- Karnath HO. Subjective body orientation in neglect and the interactive contribution of neck muscle proprioception and vestibular stimulation. *Brain* (1994) 117: S. 1001–1012
- Karnath H.O.. Spatial orientation and the representation of space with parietal lobe lesions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* (1997) 352: S. 1411–1419
- Karnath H.O., Christ K., Hartje W.. Decrease of contralateral neglect by neck muscle vibration and spatial orientation of trunk midline. *Brain* (1993) 116: S. 383–396
- Kerry R., Taylor A.J.: Cervical Arterial Dysfunction: Knowledge and Reasoning for Manual Physical Therapists. *J Orhop Sports Phys Ther* (2009) 39(5): S. 378-387
- Kristjansson E., Treleaven J.: Sensorimotor function and dizziness in neck pain: Implications for assessment and management. *J Orthop Sports Phys Ther* (2009) 39(5): S. 364-377
- Landers M.R., Creger R.V., Baker C.V., Stutelberg K.S.: The use of fear-avoidance beliefs and nonorganic signs in predicting prolonged disability in patients with neck pain. *Man Ther* (2008) 13: S. 239-248

- Laube W., Müller K.: Der passive Muskeltonus als biophysikalische und der aktive Muskeltonus als neurophysiologische Zustandsgröße aus physiologischer und pathophysiologischer Sicht. *Österr Z Phys Med Rehabil* (2004) 14(1): S. 10-28
- Leonhart T.: Effektgrößenberechnung bei Interventionsstudien. *Rehabilitation* (2004) 43(4): S. 241-246
- Lundberg A., Malmgren K., Schomburg E.D.: Convergence from Lb, cutaneous and joint afferents in reflex pathways to motoneurons. *Brain Res* (1975) 87: S. 81–84
- Mergner T., Rosenmeier T.: Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions—a conceptual model. *Brain Research Review* (1998) 28(1-2): S. 118-135
- Moran K, McNamara B, Luo J.: Effect of vibration training in maximal effort (70% 1RM) dynamic bicep curls. *Med Sci Sports Exerc* (2007) 39: S. 526–533
- Montfoort I., Kelders W.P.A., Van der Geest J.N., Schipper I.B., Feenstra L., de Zeeuw C.I., Frens M.A.: Interaction between Ocular Stabilization Reflexes in Patients with Whiplash Injury. *Invest Ophthalmol Vis Sci* (2006) 47(7): S. 2881-2884
- Nagdyman N., Ewert P., Peters B., Miera O., Fleck T., Berger F.: Comparison of different near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation indices with central venous and jugular venous oxygenation saturation in children. *Paediatric Anaesthesia* (2008) 18 (2): S. 160-166
- Nishihira Y., Iwasaki T., Hatta A., Wasaka T., Kaneda T., Kuroiwa K., Akiyama S., Kida T., Ryo K.S.: Effect of whole body vibration stimulus and voluntary contraction on motorneuron pool. *Jpn Soc Exerc Sports Physiol* (2002) 10: S. 83
- O'Leary S., Falla D., Elliott J-M., Jull G.: Muscle Dysfunction in Cervical Spine Pain: Implications for Assessment and Management. Brisbane Australia *J Orthop Sports Phys Ther* 2009, 39(5): 324-333
- Passatore M., Roatta S.: Influence of sympathetic nervous system on sensorimotor function : whiplash associated disorders (WAD) as a model. *Europ j appl physiol* (2006) 98(5): S. 423-449
- Peterson B.W., Goldberg J., Bilotta G., Fuller J.H.: Cervicocollic reflex: its dynamic properties and interaction with vestibular reflexes. *Journal of Neurophysiology* (1985) 54(1): S. 90-109

- Pinsault N, Fleury A, Virone G, Bouvier B, Vaillant J, Vuillerme N. Test-retest reliability of cervicocephalic relocation test to neutral head position. *Physiother Theory Pract.* 2008 Sep-Oct;24(5):380-91
- Rittweger, J.: Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol* (2010a) 108:877–904
- Rittweger J., Moss A.D., Colier W., Stewart C., Degens H.: Muscle tissue oxygenation and VEGF in VO₂-matched vibration and squatting exercise. *Clinical physiology and functional imaging* (2010b) 30 (4): 269-78
- Rittweger J., Mutschelknauss M., Felsenberg D.: Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* (2003) 23: S. 81
- Schindler I., Kerkhoff G., Karnath H.O., Keller I., Goldenberg G. Neck muscle vibration induces lasting recovery in spatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002; 73: 412–419
- Staerkle R., Mannion A.F., Elfering A., Junge A., Semmer N.K., Jacobshagen N., Grob D., Dvorak J., Boos N.: Longitudinal validation of the fear-avoidance beliefs questionnaire (FABQ) in a Swiss-German sample of low back pain patients. *Eur Spine* (2004) 13: S. 332-340
- Suhr F., Brixius K., de Marées M., Bölck B., Kleinöder H., Achtzehn S., Bloch W., Mester J.: Effects of short-term vibration and hypoxia during high-intensity cycling exercise on circulating levels of angiogenic regulators in humans. *J Biomechanics* (2006) 39(1): S.196, 5174
- Tousignant M., Smeesters C., Breton A.M., Breton E., Corriveau H.: Criterion validity study of the cervical range of motion (CROM) device for rotational range of motion on healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther* (2006) 36: S. 242-248
- Treleaven J., LowChoy G.J. and N.: Smooth pursuit neck torsion test in whiplash-associated disorders: relationship to self-reports of neck pain and disability, dizziness and anxiety. *J Rehabil Med* (2005) 37:S. 219–223
- Vuillerme N., Pinsault N., Vaillant J.: Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: Effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters* (2005) 378: S. 135–139

Yamada E., Kusaka T., Miyamoto K, Tanaka S., Morita S., Tanaka S, Tsuji S., Mori S., Norimatsu H. and Itoh S.: Vastus lateralis oxygenation and blood volume measured by near-infrared spectroscopy during whole body vibration. *Japan Clin Physiol Funct Imaging* (2005) 25: S. 203–208

Yamagata Y., Yates B.J., Wilson V.J.: Participation of Ia reciprocal inhibitory neurons in the spinal circuitry of the tonic neck reflex. *Exp Brain Res* (1991) 84(2): S. 461-464

7. Danksagung

Folgenden Personen möchte ich mit dem Einreichen dieser Arbeit meinen Dank aussprechen:

Dr. Hansjürg Holdener für die ärztliche Verantwortung und grosszügige Studienbeteiligung, Ulf Toelle für seine kompetente Beratung und dem Praxisteam für ihre Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit

Dr. Roland Müller für die konstruktive Beratung und kompetente Betreuung

Den Physiotherapeuten Martijn DeJong und Waldemar Derks für die wertvolle Hilfe und Unterstützung während den Testphasen

Dr. Martin Wolf für die grosszügige Unterstützung zum Einsatz und Anwendung des NIRS

Der Firma Fit3 Power Plate Schweiz zur Verfügungsstellung des Vibrationsgerätes

Den Patienten der Studie für ihren Einsatz und den grossen Aufwand, den sie auf sich genommen haben

Der Physiotherapie Seefeld für die Patientenbehandlung

Prof. Dr. Kurt Murer und seinem Team für die Ermöglichung dieser Arbeit

8. Anhang

NAME: _____

DATUM: _____

Dokumentation zur Therapie bei den Patienten mit HWS – Distorsionstrauma
Bitte kreuzen Sie an, welche Intervention(en) zum Einsatz kam(en). Besten Dank.

Datum der Therapie									
Psychische Entspannung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atemtherapie									
Meditation									
Gedankenfokussierung									
Physische Entspannung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Manualtherapie									
Viszerale Behandlungen									
Craniosakraltherapie									
Elektrotherapie									
Massage									
Triggerpunktbehandlungen									
TENS									
Psychische Anspannung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Explain pain									
Ergonomie									
Ernährung									
Verhaltensinstruktionen									
Physische Anspannung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Haptonomie Bewegungswahrnehmung									
Funktionelle Bewegungslehre									
Koordinative Therapien									
Therabandprogramm									
Heimübungsprogramm									
MTT									



NAME: _____

DATUM: _____

Wochenprotokoll für den Patienten

Schmerzanalyse

		Wie stark sind Ihre Schmerzen?											
Mo	Keine Schmerzen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Starke Schmerzen
Di		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mi		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Do		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fr		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sa		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
So		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

		Schmerzort						Schmerz-Zeitpunkt			
						Ausstrahlung Arme	Taubheitsge- fühl	Mor- gens	Tags über	Aben- ds	Nach- ts
Mo		l r	l r	l r	l r	l r					
Di		l r	l r	l r	l r	l r					
Mi		l r	l r	l r	l r	l r					
Do		l r	l r	l r	l r	l r					
Fr		l r	l r	l r	l r	l r					
Sa		l r	l r	l r	l r	l r					
So		l r	l r	l r	l r	l r					

Übungen

Wie oft? _____ / Dauer der Übung: _____ / Anzahl Wdh: _____



NAME: _____

DATUM: _____

Wochenprotokoll für den Patienten

Schmerzanalyse

		Wie stark sind Ihre Schmerzen?												
		Keine Schmerzen										Starke Schmerzen		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Mo														
Di														
Mi														
Do														
Fr														
Sa														
So														

		Schmerzort						Schmerz-Zeitpunkt					
						Ausstrahlung Arme	Taubheitsgefühl	Morgens	Tagsüber	Abends	Nachts		
		l	r	l	r	l	r	l	r				
Mo													
Di													
Mi													
Do													
Fr													
Sa													
So													

Übungen (3x/Tag zwischen 30-60 sek.)

Zielmuskeln rot eingezeichnet / blau = auszuführende Bewegung

<p>Entlasten</p>	<p>Schulter kreis.</p>	<p>Hals strecken</p> <p>Wasserträger</p>	<p>Kopf schieben</p> <p>Egypter</p>
<p>Kopf heben</p>	<p>Brust heben</p> <p>Vierfüßler</p>	<p>Brust heben</p> <p>Soldat</p>	<p>Brust kreisen</p> <p>Hula-Tänzer</p>
<p>Becken kippen</p>	<p>Becken kippen</p> <p>Vierfüßler</p>	<p>Becken kippen</p> <p>Salsatänzer</p>	<p>Haltung stolz</p>



NAME: _____

DATUM: _____

Belastungsanalyse

Anzahl Übungen gesamt:

Trainingsform Stationentraining
 Circuittraining

Belastungsform Isometrisch
 Isotonisch
 Auxotonisch
 Exzentrisch akzentuiert
 Konzentrisch akzentuiert

Belastungsintervall für einen Bewegungszyklus in Sekunden <1 (plyometrisch)
 1-2 (schnell)
 3-7 (mittel)
 >8 (langsam – Super Slow)

Belastungsdauer pro Satz in Sekunden < 20 20-45 45-120 >120

Sätze pro Übung 1 2 3 4

Pausendauer zwischen den Sätzen < 20 20-45 45-120 >120

Belastungswiderstand in % RM1 10-30 30-70 70-100

Bewegungsumfang in % <20 20-90 >90

Frequenz in Hertz 30 35 40

Amplitude in mm 2 4

Belastungsskala (Borg):

Keine Anstrengung						starke Anstrengung				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Beiblatt zu an der ETH Zürich verfassten schriftlichen Arbeiten

Ich erkläre mit meiner Unterschrift, das Merkblatt Plagiat zur Kenntnis genommen, die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die im betroffenen Fachgebiet üblichen Zitiervorschriften eingehalten zu haben.

Merkblatt Plagiat: http://www.ethz.ch/students/semester/plagiarism_s_de.pdf

Ort, Datum

Unterschrift