



**fhg – Zentrum für Gesundheitsberufe Tirol GmbH**  
**FH-Master-Studiengang MSC.Ost.**

## **Einfluss der Okklusion auf die HWS- sowie LBH- Region.**

**Vermindert eine kurzfristige, einseitige Störung der Okklusion die  
Beweglichkeit der Halswirbelsäulenrotation sowie der Hüftabduktion?**

## **Masterthesis**

**VerfasserIn: D.O. BSc. (Hons.) Ost. Stephan T. Klemm**  
**BetreuerIn: Dr. med. Peter Möller**

**Innsbruck, im Juni 2011**

## Danksagung:

An dieser Stelle möchte ich meinem Promotor Dr. med. Peter Möller, Zentrum für Entwicklungsdiagnostik und Sozialpädiatrie, Klinikum der Stadt Wolfsburg, für die konstruktive und herzliche Beratung und Betreuung der Studie danken. Ebenso meiner Frau Sabine, meinen Eltern, der Tanzschule Oliver Zschörner und den Probandinnen der Studie sowie Herrn Bahr für die statistische Unterstützung.

Für Sabine und Mia sowie Janna, meiner Familie.  
Juno 2011

|       |                                                                                                 |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Inhaltsverzeichnis                                                                              |    |
| II.   | Abstract                                                                                        |    |
| 1.    | Einführung                                                                                      | 1  |
| 2.    | Theoretischer und empirischer Hintergrund                                                       | 4  |
| 2.1   | Embryologie                                                                                     | 4  |
| 2.1.1 | Evolutionsbiologische Entwicklung der Kiefer-, Gesichts-, und Halsregion                        | 5  |
| 2.2   | Anatomie des menschlichen Kiefergelenkes und der Halswirbelsäule                                | 12 |
| 2.2.1 | Neuroanatomische Relationen zwischen KMS und oberer HWS                                         | 12 |
| 2.2.2 | Muskulatur der KMS-Region                                                                       | 18 |
| 2.2.3 | Muskulatur der HWS                                                                              | 21 |
| 2.3   | Anatomie der Lenden-Becken-Hüftregion                                                           | 28 |
| 2.3.1 | Diskutierte Modelle von okklusalen Auswirkungen auf die LBH-Region                              | 28 |
| 2.3.2 | Funktionelle Zusammenhänge der LBH-, KMS- und HWS- Region                                       | 30 |
| 2.4   | Posturale Verbindungen der KMS-, HWS-, Schultergürtel- sowie der LBH-Regionen                   | 30 |
| 2.4.1 | Kopfposition und Posturologie                                                                   | 31 |
| 2.4.2 | Unterkieferposition und Posturologie                                                            | 32 |
| 2.5   | Empirischer Teil                                                                                | 33 |
| 2.5.1 | Untersuchungen zu neuronalen Interaktionen der trigeminal und hochzervikal innervierten Gebiete | 34 |
| 2.5.2 | Neuronale sensible Interaktionen zwischen KMS- und HWS-Region                                   | 34 |
| 2.5.3 | Neuronale motorische Interaktionen zwischen KMS- und HWS-Region                                 | 36 |
| 2.6   | Die kranio-mandibuläre Dysfunktion                                                              | 38 |
| 2.6.1 | Geschichte der CMD                                                                              | 39 |
| 2.6.2 | Definition und Diagnostik der CMD                                                               | 40 |
| 2.6.3 | Übersicht über Untersuchungen bei Funktionsstörungen im KMS.                                    | 41 |
| 2.7   | Pathophysiologie der KMS-, der oberen HWS- und LBH-Region beim Menschen                         | 44 |
| 2.8   | Biomechanische und posturale Zusammenhänge von KZS, KMS und der LBH-Region                      | 48 |
| 2.9   | Ziel der vorliegenden Untersuchung und eigene Hypothesen                                        | 50 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. Material/Methode                                                                                           | 54 |
| 3.1 Definieren der Ausschlusskriterien                                                                        | 54 |
| 3.2 Stichprobe                                                                                                | 55 |
| 3.3 Fragebogen und klinische Untersuchung der KMS-Region                                                      | 56 |
| 3.3.1 Erhebungsbogen A, RDC/TMD-G: Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders –German       | 57 |
| 3.3.2 Erhebungsbogen B: Klinische Untersuchung der HWS und LBH-Region.                                        | 57 |
| 3.3.3 Fragebogen C: Probandenbefragung zu subjektivem Spannungsempfinden                                      | 57 |
| 3.4 Testaufbau und Messabläufe                                                                                | 57 |
| 3.4.1 Testaufbau                                                                                              | 58 |
| 3.4.2 Beschreibung eines einzelnen Messverlaufs                                                               | 61 |
| 4. Versuchsergebnisse und Interpretation                                                                      | 72 |
| 4.1 Die Anthropometrischen Daten                                                                              | 72 |
| 4.2 Intergruppenvergleich der Anthropometrischen Daten                                                        | 72 |
| 4.3 Deskriptive Darstellung der Rohdaten der Baseline-Messung RoM_HWS sowie PAT und HWS-Bewegungsuntersuchung | 75 |
| 4.3.1 Verteilung in der Baseline-Messung je Gruppe für RoM_Rot                                                | 75 |
| 4.3.2 Verteilung in der Baseline-Messung je Gruppe für PAT                                                    | 76 |
| 4.3.3 Intergruppenvergleich in der Baseline-Messung je Gruppe für RoM_Rot und PAT                             | 77 |
| 4.3.4 Deskriptive Ergebnisse der osteopathischen segmentalen Bewegungsuntersuchung der HWS                    | 78 |
| 4.4 Statistische Auswertung der Messungen in den Untersuchungsbedingungen                                     | 81 |
| 4.4.1 Statistische Auswertung der ultraschalltopometrischen Vermessung der HWS                                | 81 |
| 4.4.2 Statistische Auswertung der Bewegungsuntersuchung Hüfte: PAT                                            | 87 |
| 4.4.3 Statistische Auswertung der segmentalen Bewegungsuntersuchung HWS: Atlasshift                           | 91 |
| 4.4.4 Statistische Auswertung der Probandenbefragung zur subjektiven Spannungswahrnehmung (Fragebogen C)      | 94 |
| 4.5 Hypothesenbeurteilung                                                                                     | 96 |

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. Diskussion                                                                                                                             | 97  |
| 5.1 Diskussion der Befunde hinsichtlich des theoretischen und empirischen<br>Forschungshintergrundes sowie deren klinische Relevanz ..... | 97  |
| 5.2 Fehlerdiskussion .....                                                                                                                | 102 |
| 5.3 Vergleiche zu weiteren Arbeiten .....                                                                                                 | 105 |
| 6. Schlussfolgerung                                                                                                                       | 112 |
| 6.1 Vorgehensweise der Studie .....                                                                                                       | 112 |
| 6.2 Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung .....                                                                                        | 112 |
| Anhang A Fragebogen A: RDC-TMD-G                                                                                                          | 123 |
| Anhang B Rohdaten Anthropometrisch sowie Ultraschalltopometrie der HWS                                                                    | 126 |
| Anhang C Erhebungsbogen B                                                                                                                 | 128 |
| Anhang D Rohdaten Dysfunktion Atlasshift, Gruppe A und Gruppe B                                                                           | 130 |
| Anhang E Rohdaten PAT, Gruppe B                                                                                                           | 131 |
| Anhang F Rohdaten PAT, Gruppe A                                                                                                           | 132 |
| Anhang G Fragebogen C                                                                                                                     | 133 |
| Anhang H Rohdaten Fragebogen C                                                                                                            | 134 |
| Anhang I Einweisung und Aufwärmen der Probanden zur Anpassung des Körpers an<br>die Okklusion                                             | 135 |
| Anhang J Instruktion zur Bewegungsvermessung der HWS                                                                                      | 135 |
| Anhang K Eidesstattliche Erklärung Master-Thesis                                                                                          | 136 |
| Anhang L Abbildungsverzeichnis                                                                                                            | 137 |
| Anhang M Tabellenverzeichnis                                                                                                              | 138 |

## II. Abstract

Forty- six 11-45 aged healthy females were investigated in a multicenter randomised controlled trial with double-blind design. Measurements of five head movements (flexion/extension, axial rotation, lateral flexions, rotation in anteflexion and rotation in retroflexion) were taken with a three-dimensional ultrasonic measurement device, the Zebris 3D Motion Analyzer. A manual cervical examination of motion and also abduction of the hips in 90° flexion (Priener Abduktionstest, PAT) were taken. In treatment condition, 26 the patients are equipped with a 1.0 mm foil of tin, which was positioned between the first and second molars of the right side. The control group (n=20) were examined in treatment condition without disturbance of occlusion. Statistics used for PAT and Ultrasonic measurement was an Analysis of Variance with repeated measurement. For statistics of manual cervical testing McNemar and Fishers exact test were used. Towards the theory of convergence of cervical and trigeminal nerves (Hülse et al. 1998), (Schupp 2001 & 2009), (Bartsch & Goadsby 2003) the change of occlusion should enlarge tension in the suboccipital muscles and consequently decrease the mobility of the upper spine. In an equal way is this also discussed for the lumbopelvic region (Fink et al. 2003), (Hülse & Losert-Bruggner, 2002). Results of this investigation: There were significant differences in measuring axial rotation movements of the upper cervical spine under the influence of occlusion ( $\alpha = 0.05$ ). No significant differences were revealed in measuring Atlashift dysfunctions of the upper cervical spine and also PAT movements of hip rotation under the influence of occlusion. Atlashift dysfunctions showed a tendency towards significance ( $\alpha = 0.05$ ). Personal evaluation of the subjects about changes in tense of the upper cervical and temporomandibular region support these results.

Keywords: occlusion, cervicotrigeminal convergence, axial cervical rotation, Priener Abduktions Test

## Zusammenfassung:

Sechshundvierzig 11-45-jährige gesunde Probandinnen wurden in einer multizentrischen, randomisierten, kontrollierten klinischen Studie doppelblind untersucht. Gemessen wurden das Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule (HWS) in fünf Ebenen (Flexion/ Extension, Axiale Rotation, Lateralflexion, Rotation in Anteflexion und Rotation in Retroflexion) mittels einer dreidimensionalen ultraschalltopometrischen Bewegungsvermessung, dem Zebris CMS 10 der Firma Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany. Eine manuelle segmentale Bewegungsuntersuchung der HWS erfolgte ebenso wie die Untersuchung der Hüftabduktion in 90° Hüftflexion (PAT, Priener-Abduktions-Test). Unter Untersuchungsbedingungen wurde die Okklusion an 26 Probandinnen mittels 1,0 mm dicker Zinnfolie, welche zwischen dem ersten und zweiten Molar auf der rechten Seite platziert wurde, gestört. Die Kontrollgruppe (n=20) durchlief die Untersuchungsbedingungen ohne Störung der Okklusion mit gehaltenem Biss. Der PAT sowie die Ultraschalltopometrie der HWS wurden mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung statistisch ausgewertet. Für die manuelle Bewegungsuntersuchung der oberen HWS fanden als pendant zur Varianzanalyse bei ordinalskalierten Daten der McNemar sowie Fishers exakter Test als statistische Verfahren Anwendung. Nach der Theorie der zervikotrigeminalen Konvergenz (Hülse et al. 1998), (Schupp 2001 & 2009), (Bartsch & Goadsby 2003) bewirkt eine Störung der Okklusion eine erhöhte Spannung in der subokzipitalen Muskulatur und hierüber eine Abnahme der Beweglichkeit der oberen HWS. Ebenso wird eine Abnahme in der lumbopelvischen Beweglichkeit diskutiert (Fink et al. 2003), (Hülse & Losert-Bruggner 2002). Ergebnisse der vorliegenden Arbeit: Die Beweglichkeit der HWS, bezogen auf die axiale Rotation, ist unter Einfluß der Okklusion signifikant vermindert ( $\alpha = 0.05$ ). Die spezifische Dysfunktion Atlasshift, einer Dysfunktion wobei der Atlas in frontaler Ebene zur betroffenen Seite translatiert, zeigte ebenso wie der PAT unter Einfluß der Okklusionsstörung keinen signifikanten (ebd.) Unterschied. Die Dysfunktion Atlasshift zeigte allerdings eine Tendenz zur Signifikanz (ebd.). Die subjektiven Einschätzungen der Probandinnen bezüglich Spannungsänderungen in der Kiefer- und oberen HWS-Region unterstützen diese Aussagen.

Schlüsselwörter: Okklusion, zervikotrigeminale Konvergenz, axiale zervikale Rotation, Priener Abduktions Test

## 1. Einführung

Die Zusammenhänge zwischen der Beweglichkeit der Kieferregion und jener der Halswirbelsäule sind in den letzten Jahrzehnten mehrfach Gegenstand der Forschung. So gab Ridder (1998) in seiner Arbeit „Kieferfunktionsstörungen und Zahnfehlstellungen mit ihren Auswirkungen auf die Körperperipherie“ einen Überblick über Tierversuche japanischer Wissenschaftler. Er beschrieb darin Untersuchungen von (Guzay 1976), (Maehara & Hashimoto 1998), (Maehara & Azuma 1998) zitiert nach Ridder (1998, S. 194-212), die anhand von längerfristig währenden Veränderungen im Zahn- und Kieferbereich den Einfluss auf die Körperperipherie prüften. So erörterte Guzay (1953) in der Quadrantentheorie, dass sich die Bewegungsachse für das Zentrum der Kieferbewegungen nicht im Kiefergelenk selbst befindet. Er legte dar, dass sich die Bewegungen des Kiefers um einen Bereich in der oberen Halswirbelsäule, genauer um das atlanto-axiale Gelenk bewegen. Ausgehend von dieser These behauptete er (ebd.), dass eine Störung des Zahnschlusses zu einer Fehlstellung der Wirbelsäule und damit zu einer Krümmung der Körperachse führen kann. Um die These der Quadrantentheorie zu prüfen, kürzte Maehara (1999) die rechtsseitigen Zähne von Ratten. Er beobachtete daraufhin eine skoliotische Krümmung der Wirbelsäule und eine unterschiedliche Größe des Augenbulbus rechts und links. Zusätzlich kürzte er die Zähne von Beagle-Hunden. Diese zeigten Fehlhaltungen im Rahmen einer Skoliose, Fellveränderungen, vermehrten Tränenfluss der Augen und Katarakte. Weiter kürzten Maehara & Hashimoto (1998) einige Zähne von Affen. Sie beobachteten, dass die Affen Haare verloren, ein abnormes Verhalten zeigten und sich eine Asymmetrie der Zungenmotorik einstellte. Danach wurde eine schablonenartige Schiene auf die gekürzten Zähne angepasst, die die alte Zahnhöhe wiederherstellte. Dies führte zu einem Wachstum der Affenhaare, einer Normalisierung des Verhaltens der Tiere und zu einer symmetrischen Motorik der Zungen. In einem weiteren Experiment kürzten Maehara & Azuma (1998) die Zähne von Meerschweinchen. Nach zwei Wochen verloren die Meerschweinchen an Gewicht. Der Gewichtsverlust war größer als bei den Kontrolltieren, die hungern mussten. Im Elektrokardiogramm (EKG) dieser Meerschweinchen zeigte sich nach einer Woche eine negative T-Welle als Zeichen einer Herzinsuffizienz. Die Versuchsleiter kürzten nun ebenfalls die Zähne der Kontrollgruppe, wodurch sich die negative T-Welle bei allen Tieren zeigte.

Insofern stellt sich aus diesen Befunden die Frage, ob sich funktionelle Zusammenhänge zwischen dem Zahn- und Kieferbereich und der Körperperipherie auch bei Menschen feststellen lassen. Einige Arbeiten legen diese Vermutung nahe.

So bringen Stiesch-Scholz et al. (2004) Störungen im kranio-mandibulären System (KMS, engl. craniomandibular system) ebenfalls mit Haltungsänderungen der Halswirbelsäulen-Schulterregion in Zusammenhang. Rocabado (1983) konnte feststellen, dass Schmerzen im KMS durch Veränderungen der Halswirbelsäule (HWS) verursacht werden können. Fink et al. (2003) konnten durch eine künstliche einseitige Änderung des Zahnschlusses Funktionseinschränkungen in der Halswirbelsäulenregion als auch peripher im Kreuzdarmbeingelenk erzeugen. Schupp et al. (2009) wies bei elf Probanden/innen durch eine artifizielle Störung der Okklusion eine eingeschränkte Hüftabduktion mittels Priener Abduktionstests (PAT), einer Hüftabduktion in 90° Hüftflexion, nach. Hülse & Losert-Bruggner (2002) beschrieben einen Einfluß der Kopfgelenke und des KMS auf den PAT bei Patienten mit funktionellen Kopfgelenksstörungen. Die Beweglichkeit der Hüfte in Hüftabduktion vermindert sich demnach durch Einflußnahme auf die HWS und/ oder das KMS.

Dennoch wird der Einfluss der Okklusion immer noch kontrovers diskutiert. Türp und Schindler (2006) zeigten, dass myogene Dysfunktionen des KMS mit Kopfschmerzen korrelieren, okklusodentogene Störungen nicht. Klemm (2009) konnte belegen, dass eine Okklusionsstörung mit 0.75 mm keinen Effekt auf das Bewegungsausmaß der HWS hatte. Hanke, Motschall & Türp (2007) kamen in ihrer Übersichtsarbeit über Zusammenhänge zwischen orthopädischen und zahnmedizinischen Befunden zu dem Ergebnis, dass zwar eine große Auswahl an Publikationen zum o.g. Thema besteht. Hierbei waren evidenzbasierte Untersuchungen der Stufe II jedoch nur unter einem Prozent vorhanden. Aufgrund des zunehmend hohen Interesses wird die bestehende Fachliteratur der Thematik (Okklusion und die Auswirkungen auf die Körperperipherie) nicht gerecht.

Auch die evolutionsbiologische Entwicklung des KMS legt eine systemische Betrachtung der Zahn-/Kieferregion als Ursache für periphere Funktionsstörungen nahe. Aus der Ontogenese lassen sich neurologische sowie biomechanische Verbindungen zu umgebenden Körperregionen darstellen (Moore & Persaud 1996). So dient das KMS beispielsweise sowohl der Nahrungsaufnahme als auch dem Erhalt spezifischer Informationen über unsere Umwelt durch die über den Mund gewonnenen Tasteindrücke (ebd.). Ebenfalls bestehen

neurovegetative Verbindungen zum Verdauungstrakt, sensible Zuflüsse zu Teilen des Stammhirns, welche wiederum die Vigilanz beziehungsweise Aufmerksamkeit (Malick, Strassman & Burstein 2000) regulieren. Auch bestehen Verbindungen zur Halswirbelregion für die ‚Ausrichtung‘ unseres ‚Tastorganes‘, dem Kiefergelenk.

Zum theoretischen und empirischen Hintergrund dieser Arbeit soll insofern zunächst auf die evolutionsbiologische Entwicklung der kranio-mandibulären Region eingegangen werden. Die hieraus resultierenden neurologischen, funktionellen sowie biomechanischen und muskulären Zusammenhänge sollen dann beim erwachsenen Menschen dargestellt und damit die Grundlage für die vorliegende Arbeit geben werden.

Funktionelle Zusammenhänge des kranio-mandibulären Systems auf die umgebenden Strukturen sind und waren also Gegenstand intensiver Forschung. Dabei steht jedoch die Frage, ob und wenn ja, wie eine Änderung des Zahnschlusses einen Einfluss auf das Bewegungsausmaß der Halswirbelsäule sowie der Lenden-Becken-Hüftregion hat. Zu diesem Zeitpunkt kann dies nicht zufriedenstellend geklärt werden. Bis dato gibt es nur wenige Arbeiten mit gutem Design (Hülse & Losert-Bruggner 2002), (Fink et al. 2003), welche einen Einfluß auf die LBH-Region feststellten. In welchem Grad die HWS durch eine artifizielle Okklusionsstörung in der Beweglichkeit eingeschränkt wird, ist unter anderem unklar. Eine nähere Untersuchung dazu soll Gegenstand dieser Arbeit sein.

Konkret wird in dieser Arbeit untersucht, ob durch eine künstlich erzeugte, kurzfristige, einseitige Störung der Zahnschließung Veränderungen in der Beweglichkeit der Halswirbelsäule sowie der Lenden-Becken-Hüftregion bewirkt werden können.

## **2. Theoretischer und empirischer Hintergrund**

Im theoretischen Hintergrund wird zunächst ein Überblick über die Entwicklung des kranio-mandibulären Systems beim Menschen gegeben. Dies hat zum Ziel, die ineinander greifende Entwicklung der neurologischen und funktionellen Bezüge der KMS- und HWS-Region darzustellen, die sich in der menschlichen Embryologie zeigt. An die Diskussion der embryologischen Entwicklung schließt ein anatomischer Überblick über die KMS- und HWS- sowie der LBH- Region beim Erwachsenen an. Hier werden wesentliche Grundlagen in den Bereichen Neuroanatomie, Muskulatur und deren funktionellen Bezüge überblickartig dargestellt.

Im empirischen Teil werden Arbeiten, die sich experimentell mit den neurologischen, muskulären und funktionellen Korrelationen zwischen KMS-, HWS- und LBH-Region beschäftigen, vorgestellt und sollen das im theoretischen Teil Diskutierte untermauern.

Theorie und Empirie bilden den Hintergrund für die Fragestellung dieser Arbeit, ob eine einseitige Störung der Okklusion (physiologischer Zahnschluß) einen Einfluss auf die Beweglichkeit der HWS sowie der LBH-Region hat.

### **2.1 Embryologie**

Die nun folgende Betrachtung der embryonalen Entwicklung des Menschen im Vergleich zum Fisch dient dem besseren Verständnis der Entstehung des komplexen Systems der Kopf-, Kiefer- und Halsregion (Moore & Persaud 1996). Sowohl die Deszendenztheorie als auch die Selektionstheorie (Darwin 1860), die sich mit der Evolution von Leben beschäftigen, bieten hierfür eine Basis. So vertrat Darwin (ebd.) in seiner Selektionstheorie über die Herkunft der zahlreichen unterschiedlichen Pflanzen- und Tierarten die Meinung, dass die heute existierenden Formen im Verlauf der erdgeschichtlichen Entwicklung aus einfacher organisierten Vorläufern entstanden. Die Deszendenztheorie (Darwin 1860) erklärt den Artenwandel, wobei hier Mutation, Rekombination, die natürliche Auslese und die Isolation als wichtigste Evolutionsfaktoren beschrieben sind. Ernst Haeckel (1894) beschrieb auf dieser Basis später das biogenetische Grundgesetz. Er stellte aufgrund vergleichender anatomischer und embryologischer Untersuchungen am Mensch und Tier dar, dass der Entwicklungsablauf eines Individuums eine kurze, gedrängte Wiederholung der Entwicklungsgeschichte der zugehörigen Art ist.

### 2.1.1 Evolutionsbiologische Entwicklung der Kiefer-, Gesichts-, und Halsregion

Die nun folgenden Abschnitte beschreiben die Entwicklungsvorgänge in der Kopf-Kiefer-Hals-Region, welche die Voraussetzungen für neurologische und funktionelle Beziehungen bilden.

#### 2.1.1.1 Der Kiemenapparat

Aufbau und Funktion des embryonalen Kiemenapparates beim Menschen ist am leichtesten aus evolutionsbiologischer Sicht verständlich. Bei Fischen und Amphibien entwickelt sich der Kiemenapparat zu einem Atmungsorgan für den Sauerstoff- bzw. Kohlendioxidaustausch zwischen Blut und Wasser. Die Kiemenbögen stellen Skelettelemente dar, an denen die Kiemen als die eigentlichen Atmungsorgane befestigt sind. Bei menschlichen Embryonen werden keine echten Kiemenbögen mehr ausgebildet (Moore & Persaud, 1996), so dass die Kiemen- oder Branchialbögen (Branchien [griechisch], die Kiemen) nur noch als Schlundbögen anzusehen sind. Am Ende der menschlichen Embryonalentwicklung haben diese Organe somit entweder einen Funktionswechsel vollzogen, wie sich zum Beispiel aus den Schlundbögen die Schlundregion des Halses ausbildet oder aber, wie am Beispiel der Kiemen ersichtlich, eine Rückbildung der Organe erfolgt.

Der menschliche Kiemenapparat besteht also aus den Kiemenbögen, den Kiementaschen, den Kiemenfurchen sowie den Kiemenbogenmembranen. Für die vorliegende Arbeit sollen insbesondere auf den ersten und zweiten der insgesamt sechs Kiemenbögen näher eingegangen werden, da sich daraus der größte Anteil des kranio-mandibulären Systems entwickelt.

#### 2.1.1.2 Differenzierung der Gewebe der menschlichen Kiemenbögen

Die Entwicklung der Kiemenbögen beginnt in der vierten Woche mit der Auswanderung von Zellen aus der Neuralleiste in die zukünftige Kopf- und Nackenregion. Kopf- und Nackenregion entwickeln sich somit zeitgleich (Moore & Persaud, 1996).

Aus dem ersten Kiemen- oder Mandibularbogen entstehen zwei Fortsätze. Der Unterkieferfortsatz bildet die Mandibula, der Oberkieferfortsatz bildet die Maxilla, das Os zygomaticum sowie die Pars squamosa des Os temporale. Beide Fortsätze sind somit wesentlich an der Gesichtsentwicklung beteiligt. Weitere Skelettelemente des Mandibularbogens sind Incus und Malleus des Mittelohres sowie das Ligamentum sphenomandibulare.

Alle aus dem Mandibularbogen entstehenden Gewebe werden durch den Nervus trigeminus versorgt. Letzterer innerviert somit sowohl sensibel den größten Teil der Haut des Gesichtes, als auch motorisch die Kaumuskulatur sowie Teile der suprahyalen, also oberhalb des Zungenbeins liegenden, Muskulatur.

Der zweite Kiemen- oder Hyoidbogen bildet das Zungenbein sowie die benachbarten Abschnitte der Hals- und Kehlkopfregion aus. Die daraus sich entwickelnden Skelettelemente sind der Steigbügel des Mittelohrs, der Processus styloideus des Os temporale, das kleine Zungenbeinhorn und der obere Teil des Zungenbeinkörpers. Ligamentär bildet sich das Ligamentum stylomandibulare aus. Der Nervus facialis als zugehöriger Nerv des Hyoidbogens versorgt motorisch die mimische Muskulatur des Gesichtes sowie weitere Anteile der suprahyalen Muskulatur.

Aus jedem Kiemenbogen differenzieren sich somit verschiedene Gewebe. Es entwickeln sich jeweils ein zugehöriger Nerv, zugehörige Muskeln, Skelettelemente sowie Bänder. Auf diese Weise wird das ineinander übergreifende System deutlich, welches auf der gemeinsamen Entwicklung der Gesichts- Hals- und Kopfregion basiert. Es führt die Aufgaben der Nahrungsaufnahme und -weiterleitung, des Lufttransportes sowie der Aufnahme und Weiterleitung von u.a. propriozeptiven sowie gustatorischen Reizen zusammen.

Die menschliche kinästhetische Leistung des stomatognathen Systems spiegelt sich im evolutionären Prozeß wider, betrachtet man Fisch und Mensch im Vergleich. Beim Fisch spielt insbesondere die Mundregion als Tastorgan eine große Rolle, da die Extremitäten, die beim Menschen diese Aufgaben übernehmen, bei Fischen nicht in dieser Form vorhanden sind. Trotzdem ist beim Menschen eine enorme Sensibilität der menschlichen Lippen-/Mundregion feststellbar. Betrachtet man das enorme sensomotorische Areal von Zunge und Lippen des Homunculus auf dem Gyrus post- und praecentralis, erscheint dies verständlich. Es ist demnach möglich, zwischen den Zähnen Partikel bis zu einer Größe von 5  $\mu$  herab zu differenzieren.

Die oben aufgeführten innervierten Areale des Mandibular- sowie Hyoidbogens und die übergreifende Entwicklung von Nerven, zugehöriger Muskulatur, Skelettelementen sowie bandhaften Strukturen sind zur besseren Übersicht in Tabelle 1 (Seite 7) dargestellt.

Tabelle 1. Darstellung der Kiemenbögen und dem daraus entstehenden Gewebe (entnommen aus Moore & Persaud, 1996, S. 222)

| Kiemenbogen           | Nerv                           | Muskeln                                                                                                                                                     | Skelettelemente                                                                                          | Bänder                       |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1. Mandibularbogen    | Nervus trigeminus (N V)        | Kaumuskeln<br><br>Musculus mylohyoideus<br>und Venter anterior des Musculus digastricus<br><br>Musculus tensor tympani<br><br>Musculus tensor veli palatini | Hammer<br><br>Amboss                                                                                     | Ligamentum sphenomandibulare |
| 2. Hyoidbogen         | Nervus facialis (N VII)        | Mimische Muskulatur<br><br>Musculus stapedius<br><br>Musculus stylohyoideus<br><br>Venter posterior des Musculus digastricus                                | Steigbügel<br><br>Proc. Styloideus<br><br>Kleines Zungenbeinhorn<br><br>Obere Teil des Zungenbeinkörpers | Ligamentum stylohyoideum     |
| 3. Kiemenbogen        | Nervus glossopharyngeus (N IX) | Musculus stylopharyngeus                                                                                                                                    | Großes Zungenbeinhorn<br><br>Unterer Teil des Zungenbeinkörpers                                          |                              |
| 4. und 6. Kiemenbogen | Nervus vagus (N X)             | Pharynx- und Larynxmuskulatur                                                                                                                               | Schildknorpel<br><br>Ringknorpel<br><br>Aryknorpel<br><br>Cartilago corniculata und cuneiformis          |                              |

### 2.1.1.3 Innervation der Kiemenbögen beim Menschen

Die übergreifende Innervation der kraniomandibulären- und HWS-Region lässt sich aus embryologischer Sicht (Moore & Persaud, 1996) verständlich darstellen. Betrachtet man das KMS in Relation zur HWS-Region, sind für die vorliegende Arbeit zwei Aspekte von Interesse:

- Die Relationen von Mund und Verdauungstrakt zur vorderen HWS-Region
- Die Entwicklung der Ohrmuschel und Ihre Relation zur hinteren HWS-Region

Diese beiden Relationen sollen nun näher beschrieben werden.

#### 2.1.1.3.1 KMS und vordere HWS-Region

Das KMS ist in seiner Funktion komplex. Es lässt sich nicht auf eine lokale Funktion beschränken, sondern erfordert eine eher systemische Betrachtungsweise. Durch die übergreifende Funktion des Kauorgans, Nahrung mit den Lippen zu ertasten, mechanisch zu zerkleinern, zu schlucken und in den Verdauungstrakt weiterzuführen, wird die enge Verschaltung der zugehörigen Hirnnervenkerne, der Hirnnerven und der durch sie innervierten Muskulatur vorstellbar.

So versorgt der Nervus trigeminus sowohl sensibel das Gesicht und Teile der vorderen Halsregion als auch motorisch die Kaumuskulatur. Die beiden unteren Äste des Nervus trigeminus innervieren zusätzlich sensibel die Zähne sowie die Schleimhaut von Gaumen, Zunge, Mund und Nasenhöhle. Der Nervus facialis innerviert die mimische Muskulatur des Gesichtes sowie Teile der suprahyalen Muskulatur. Der Nervus glossopharyngeus, der sich aus dem dritten Kiemenbogen differenziert, versorgt unter anderem den Musculus stylopharyngeus, der beim Schluckvorgang den Pharynx anhebt. Als zehnter Hirnnerv versorgt der Nervus vagus, der sich aus dem vierten bis sechsten Kiemenbogen differenziert, die gesamte Pharynx- und Larynxmuskulatur sowie große Teile des Verdauungstraktes.

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich aus dem Kiemenapparat unter anderem das Gesicht, die Zunge, die Lippen, der Kiefer mit Zähnen, der Gaumen und der Pharynx des Halsbereiches zeitgleich und gemeinsam entwickelt haben. Diese enge Bindung stellt sich insbesondere in der ineinander übergreifenden neurologischen Versorgung der Kiefer- und

vorderen Halsregion durch die oben aufgeführten Hirnnerven dar, auf die im Abschnitt ‚Neuroanatomische Relationen zwischen KMS und oberer HWS‘ (Seite 12) näher eingegangen werden soll.

#### 2.1.1.3.2 Ohrmuschel und hintere HWS-Region

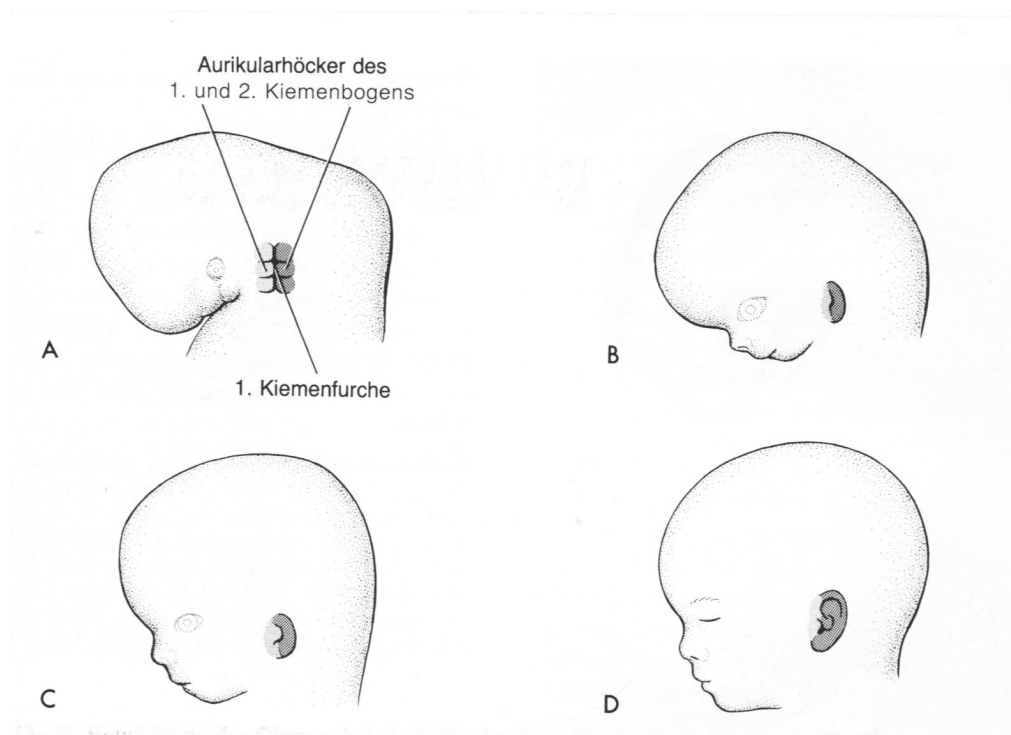
Die Relationen der hinteren Halsregion zum Kieferbereich lassen sich am besten an der Entwicklung der Ohrmuschel betrachten. Die Anlage der Ohrmuschel (Moore & Persaud, 1996) entsteht zuerst im oberen Halsbereich. Mit der Vergrößerung des Unterkiefers wandert die Anlage des äußeren Ohres jedoch auf die Außenseite des Kopfes und aszendiert bis in Höhe der Augen. Diejenigen Teile der Ohrmuschel, die vom ersten Kiemenbogen stammen, werden vom ersten Kiemenbogensnerven (Nervus mandibularis) versorgt, während diejenigen Abschnitte, die vom zweiten Kiemenbogensnerven stammen, von den Hautnerven des Plexus cervicalis (also aus der Halswirbelsäule) versorgt werden. Hier sind insbesondere der Nervus occipitalis minor und der Nervus auricularis magnus aufzuführen. Durch das Aufsteigen des Ohres kommt es zu einer Vermischung der trigeminalen und zervikalen sensiblen Fasern (siehe Abbildung 1, Seite 10 und Abbildung 2, Seite 11).

Hülse et al (1998) beschreibt diesen Zusammenhang ebenfalls und bezeichnet ihn als ‚zervikotrigeminale Konvergenz‘ (zervikotrigeminale Schaltstelle). Auf Höhe der oberen Zervikalsegmente überlappen sich die Endigungsgebiete von Trigemini und zervikalen Afferenzen im oberflächlichen Hinterhorn. Somit können sekundäre afferente Neurone konvergierenden Input aus Hals- und Trigeminafferenzen erhalten. Insbesondere gelangen exterozeptive Afferenzen aus dem Halsbereich zum spinalen Trigeminskern, sodass auch auf diesem Niveau eine zervikotrigeminale Konvergenz stattfinden kann.

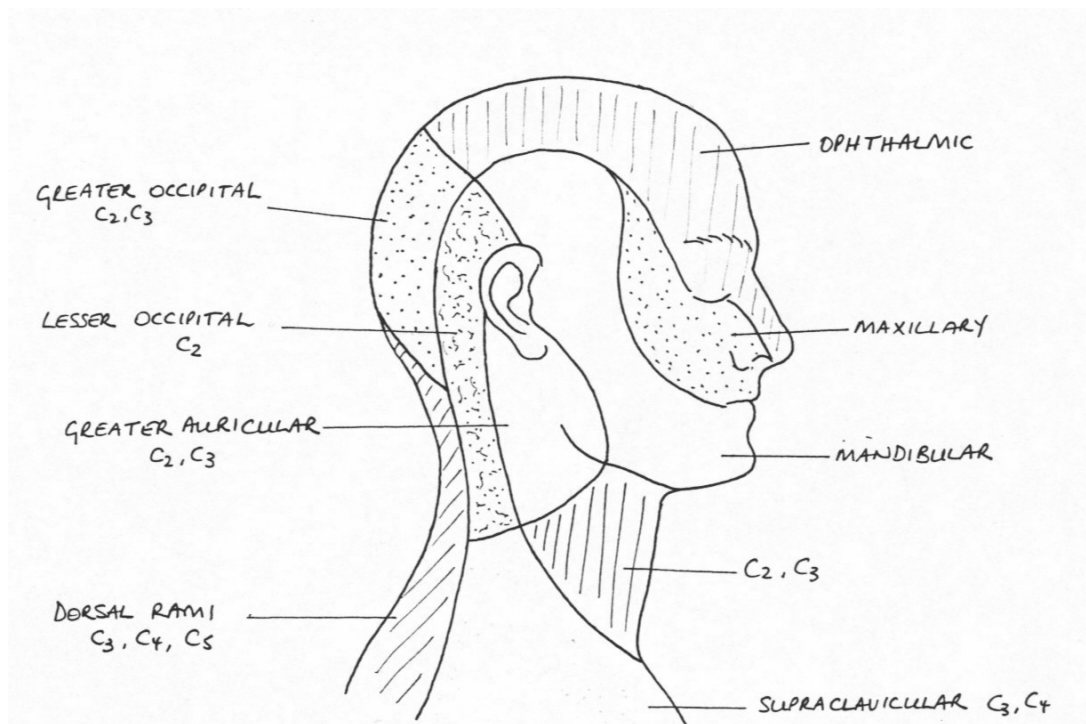
Schupp (2001) bestätigt dieses und schreibt über die Innervation der Kiefergelenke im Kontext:

- 1) Schmerzreize von Hinterkopf und Nacken gelangen über die Wurzeln C2-5 in das Rückenmark, wo sie im Tractus dorsolateralis und der Substantia gelatinosa bis zu drei Segmenten auf- und absteigen. Nach Eintritt in das Hinterhorn kommt es zu einem Vermischen mit Fasern des Nucleus spinalis nervi trigemini. Diese Verbindung der oberen Zervikalwurzeln mit dem Nucleus spinalis nervi trigemini („Zervikotrigeminale Schaltstelle“) wird als neuronanatomisches Substrat für die Projektion von Schmerzen von zervikal nach frontal betrachtet. [...]

- 2) Die Kiefergelenke werden von den Nn. auriculotemporalis, massetericus, temporalis und den Ganglien der dorsalen Wurzeln von C2-5 innerviert. Der Nervus auriculotemporalis aus dem hinteren Stamm des Nervus mandibularis spaltet sich in die Rr. temporales superficiales für die Haut und die Faszien der Schläfe und die benachbarte Kopfhaut. Er entsendet Äste nicht nur in das Kiefergelenk, sondern auch in den äußeren Gehörgang und das Trommelfell (Schupp 2001). [...]



**Abbildung 1: Entwicklung der Ohrmuschel. A: 6. Woche, B: 8. Woche, C: 10. Woche, D: 32. Woche. Im Rahmen der Entwicklung steigen die Ohrmuscheln von der Nackenregion zur Lateralseite des Kopfes auf. (entnommen aus Moore & Persaud, 1996, S. 517)**



**Abbildung 2: Trigeminalen und Zervikalen Innervation des Kopfes. Wilkie (1988).**

Nach Schupp (2001) können so Dysfunktionen oder Pathologien der oberen Zervikalregion durch die zervikotrigeminale Konvergenz einen projizierten Schmerz in die Kopf-/Gesichtsregion verursachen. Demnach liefert die sensible Innervation der Kiefergelenke ein Konstrukt, warum Patienten mit artikulären oder diskalen Problematiken des KMS diagnostisch nicht nur lokale Schmerzen im Kiefergelenk angeben. Sie berichten darüber hinaus über Schmerzen in oder um die Ohrenregion, die teilweise bis in die Gesichtsregion ausstrahlen.

Es entsteht also ein wechselseitiger Einfluss auf neurologischer Basis. Deshalb ist anzunehmen, dass Dysfunktionen des Kauorgans in die Halswirbelsäulenregion projiziert werden können, als auch umgekehrt Dysfunktionen der oberen HWS auf das Kauorgan wirken können.

Im Folgenden soll die für die vorliegende Arbeit relevante Anatomie der Kiefer- und Halswirbelsäulenregion sowie der Lenden-Becken-Hüftregion am Menschen dargestellt werden.

## **2.2 Anatomie des menschlichen Kiefergelenkes und der Halswirbelsäule**

Der Aufbau des Kapitels Anatomie des menschlichen Kiefergelenkes erfolgt nun in drei Abschnitten.

Im ersten Abschnitt wird aufbauend auf die Darstellung der embryologischen Entwicklung der KMS- und HWS-Region ein deskriptiver neuroanatomischer Überblick des Nervus trigeminus beim erwachsenen Menschen gegeben. Daran anknüpfend erfolgt eine Übersicht über die trigeminal als auch zervikal versorgte KMS- und HWS-Region. Die für die vorliegende Arbeit relevanten Konvergenzen des trigeminus zu faszialen, vagalen und glossopharyngealen Kernen sowie zum Hypothalamus und Thalamus werden ebenfalls diskutiert.

Im zweiten Abschnitt werden die kieferführende Muskulatur sowie die Muskulatur des vorderen Halsbereiches in ihrer Funktion besprochen. Im Anschluss soll das funktionelle Zusammenwirken der Kaumuskeln und der vorderen und hinteren Halsmuskulatur dargestellt werden.

Im dritten Abschnitt werden die funktionellen Bezüge zwischen Schultergürtel und Hals sowie der Kiefer-Kopfregion anhand der besprochenen Muskulatur sowie bestehenden Neurologie dargestellt.

Der Theorie soll danach die Empirie gegenübergestellt werden. Es werden Arbeiten zu Themen vorgestellt, die die neurologischen und biomechanischen Relationen in der KMS- und HWS-Region belegen.

### **2.2.1 Neuroanatomische Relationen zwischen KMS und oberer HWS**

Der folgende Abschnitt stellt die neuroanatomischen Relationen zwischen KMS und oberer HWS dar. Dabei soll zunächst der Nervus trigeminus genauer betrachtet werden und anschließend der Plexus cervicalis sowie deren enge Relationen zum KMS.

Es erfolgt zunächst eine Übersicht über den Nervus trigeminus, in der sein Verlauf, das innervierte Gebiet sowie die neurologischen Konvergenzen zu anderen Gebieten aufgezeigt werden.

Abschließend wird das vom Plexus cervicalis innervierte Gebiet dargestellt und die bestehenden Konvergenzen zwischen oberer HWS und dem KMS aufgezeigt.

#### 2.2.1.1 Der Nervus trigeminus und sein Verlauf

Der Nervus trigeminus entspringt aus einem topographisch recht großen Kerngebiet des Hirnstamms von C2 bis hoch zu der Pons (Trepel, 1999). Er ist somit der größte der insgesamt zwölf Hirnnerven. Er leitet sowohl sensible Information, wie die Versorgung des Gesichtes, als auch motorische Information, beispielsweise die Innervation der Kaumuskeln. Die Zellkörper der Nerven sind in so genannten Nuclei (Kernen) zusammengefasst, wovon die Nuclei verschiedene Qualitäten aufnehmen (siehe Abschnitt über das Innervationsgebiet des Nervus trigeminus, Seite 14). Es lassen sich vier verschiedene Kerne differenzieren:

- Nucleus (Ncls.) motorius Nervus trigeminus
- Ncls. mesencephalicus Nervus trigeminus
- Ncls. pontis Nervus trigeminus
- Ncls. spinalis Nervus trigeminus

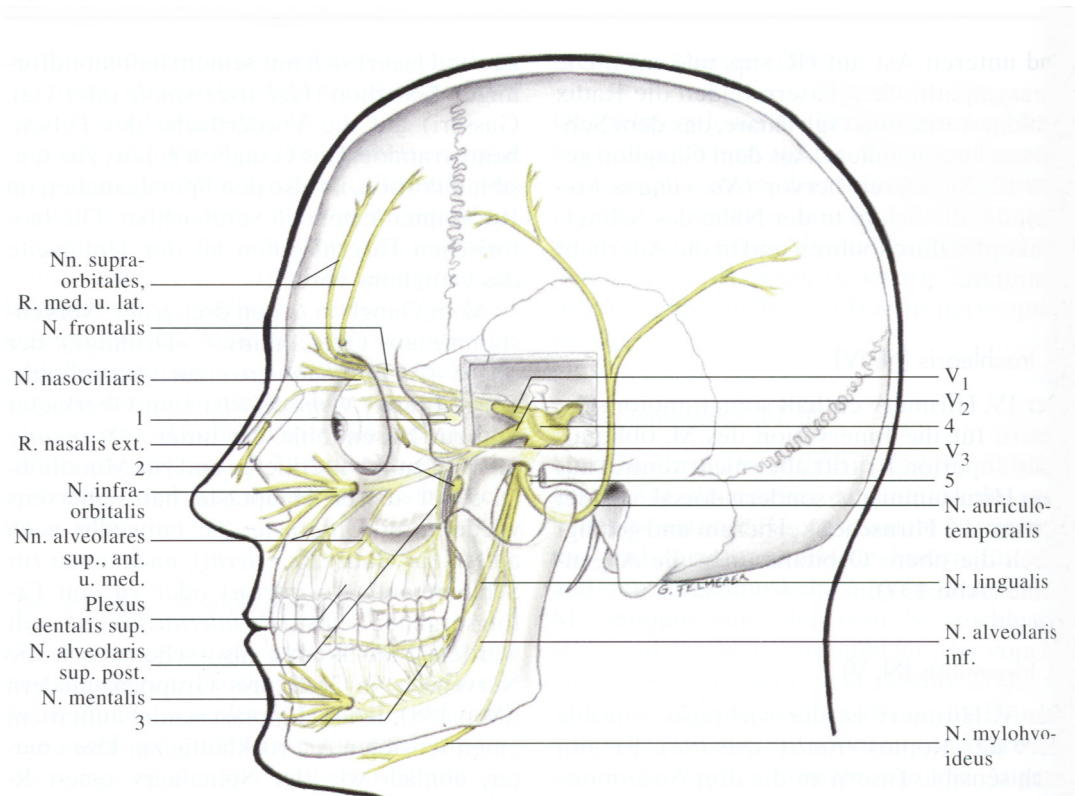
Aus diesen Kernen treten die Neurone, die den Nervus trigeminus bilden, an der Lateralseite der Pons aus (siehe Abbildung 3, Seite 14). Sie ziehen von dort nach ventral über die Felsenbeinpyramidenkante, wo sie unterhalb der Dura verlaufen. Hierbei bildet der Nervus trigeminus in einer großen Duratasche ein sensibles Ganglion (Ganglion trigeminale), das die Perikaryen eines Großteils der sensiblen Neurone des Kopfes beinhaltet. Im Anschluss an dieses Ganglion teilt er sich in drei große Äste auf:

- Nervus ophtalmicus ( $V_1$ )
- Nervus maxillaris ( $V_2$ )
- Nervus mandibularis ( $V_3$ )

$V_1$  sowie  $V_2$  sind rein sensible Äste und verlassen das Kranium durch die ( $V_1$ ) Fissura orbitalis superior sowie ( $V_2$ ) durch das Foramen rotundum. Beide geben vorher jeweils einen Ast an die Hirnhäute ab.

Insbesondere  $V_3$ , dem Nervus mandibularis, der das Kranium durch das Foramen ovale verlässt, kommt als kräftigstem Ast mit seiner engen topographischen Lage zum temporomandibularen Gelenk (TMG) eine tragende Rolle in der durchgeführten Studie zu.

Nach Austritt aus dem Foramen ovale verläuft der Nervus mandibularis an der Innenseite des Kiefergelenkes entlang, wodurch er bei Störungen in der Kiefergelenksregion leicht irritiert werden kann.



**Abbildung 3: Verlauf der drei Äste des Nervus trigeminus (entnommen aus Rohen (2000), S.204)**

#### 2.2.1.2 Innervationsgebiet des Nervus trigeminus

Die vier zu unterscheidenden Kerne, aus denen der Nervus trigeminus gebildet wird, haben unterschiedliche Funktionen. Der Nucleus motorius ist als einziger Kern für motorische Information zuständig. Er innerviert die Kaumuskeln sowie den größten Teil der suprahyalen Muskulatur. Alle weiteren Nuclei des Nervus trigeminus verarbeiten ausschließlich sensible Information. Der Nucleus mesencephalicus bekommt so Informationen über Schmerz und Temperaturwahrnehmung, Druck und Berührungsempfinden der Gesichtsregion, zusätzlich innerviert er propriozeptiv die Zähne, Kaumuskeln und die Kapsel des temporomandibularen Gelenks. Der Nucleus pontis verarbeitet ebenfalls Schmerz und Temperatur sowie Druck und Berührungsempfinden. Der Nucleus spinalis ist rein für das Schmerz- und Temperaturempfinden verantwortlich. Dem Nucleus spinalis kommt durch seine multiplen Verschaltungen zu weiteren Arealen in der vorliegenden Arbeit eine Schlüsselrolle zu. Im Folgenden soll daher näher auf diese

Konvergenzen eingegangen werden (siehe Abschnitt zu Konvergenzen des Nervus trigeminus zu weiteren Arealen, Seite 15).

Zum besseren Verständnis ist das innervierte Gebiet der Nuclei des Nervus trigeminus in der Tabelle 2 zusammengefasst dargestellt.

**Tabelle 2. Somatomotorisches und somatosensibles Innervationsgebiet des Nervus trigeminus (Zusammenfassung nach Trepel, 1999)**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Somato-motorisch</b> | <b>Kaumuskeln:</b><br><br>Äste zur Versorgung des Musculus masseter, Musculus temporalis, Musculus pterygoideus medialis und lateralis.<br><b>Suprahyoidale Muskulatur:</b><br><br>Musculus tensor tympani, Musculus tensor veli palatinum, Musculus mylohyoideus, venter anterior Musculus digastricus                                                     |
| <b>Somato-sensibel</b>  | Sensibilität der Zähne sowie deren Ligamente<br>Sensibilität des Gesichts<br>Sensibilität der Mucosa von Nasennebenhöhle, Mund, Sinus, Nase, Auge und vordere 2/3 der Zunge<br>Anteile vom Trommelfell<br>Dura in der Fossa cranialis anterior et media<br>Propriozeptiv versorgt er die Kapsel des TMG, die Kaumuskulatur sowie die peridontalen Ligamente |

2.2.1.3 Konvergenzen des Nervus trigeminus zu weiteren Arealen

Der Traktus spinalis sowie der Ncl. spinalis des Nervus trigeminus sind hier vor allem von Interesse. Der Traktus spinalis verläuft durch die Medulla in den oberen Bereich des Rückenmarks und erstreckt sich bis auf Höhe des Segments C2, einige Teile verlaufen bis in die Wurzelareale C4. In diesen Arealen überlappen sich die Nervenendigungen des Ncl. trigeminus mit denen der oberen zervikalen Nerven (C1, C2, C3, vor allem aber im Hinterhorn des Areals C2, aus welchem der N. okzipitalis major entspringt). Dies erfolgt

im Pars caudalis des Nucleus spinalis und den Hinterhörnern der oberen zervikalen Segmente des Rückenmarks. Diese sind histologisch so dicht verknüpft, dass man sie nicht unterscheiden kann. Deshalb wurde der Begriff zervikotrigeminaler Nucleus zur Beschreibung dieses kombinierten Nukleus verwendet (Hülse et al. 1998), (Schupp 2001), (Bartsch & Goadsby 2003).

Beide Regionen haben vor allem mit Schmerzübermittlung zu tun. Jede Dysfunktion oder Läsion im oberen Bereich der Halswirbelsäule, welche eine lokale Stimulation der Schmerzrezeptoren verursachen, kann insofern über den zervikotrigeminalen Nucleus eine Stimulation der Nervenenden des N. trigeminus in diesem Bereich verursachen. Vice versa können nozizeptive Signale durch Schädigung von Gewebe aus dem trigeminal versorgten Gebieten (Gesicht, Kopfhaut sowie insbesondere TMG), reflexartig via der zervikotrigeminalen Schaltstelle in die HWS-Region projiziert werden.

Als wissenschaftlich fundiert belegt gilt, dass Schmerzfasern von den Hirnnerven VII, IX, X (Nervus facialis, Nervus glossopharyngeus und Nervus vagus) ebenfalls synaptisch im Pars caudalis des Nucleus spinalis (Gray 1960, Gelb 1985) verschaltet werden. So findet sich die enge Korrelation von KMS und HWS, die anhand der übergreifenden Entwicklung aus den Kiemenbögen im Rahmen der embryologischen Entwicklung schon betrachtet wurde, auch beim erwachsenen Menschen.

Der Nucleus spinalis ist als bedeutendes Verschaltungszentrum für Schmerzimpulse für multiple über den Körper verteilte Regionen zu sehen. Die Konvergenz der Zervikalnerven und Trigemini-nerven wurde anatomisch nachgewiesen (Hülse et al. 1998), (Schupp 2001), (Bartsch & Goadsby 2003). Viele weitere Autoren haben die Konvergenz physiologisch mittels Injektion von Salzlösungen im oberen zervikalen Weichgewebe oder auch direkter elektrischer Stimulation nachgewiesen (Pinkham 1985). In jedem der Fälle wurden Schmerzmuster im Kopf in Regionen erzeugt, die den vom Nervus trigeminus versorgten Bereichen entsprechen. Weitere trigeminale Konvergenzen sind auch zu den schmerzverarbeitenden Zentren des Thalamus durch Bartsch & Goadsby (2003) nachgewiesen. Malick et al. (2000) zeigten diese Konvergenzen auch zum Hypothalamus, über die die vegetativen Begleiterscheinungen von Schmerzen in der Region erklärt werden können.

#### 2.2.1.4 Plexus cervicalis und seine Relation zur oberen HWS

Die Konvergenzen von trigeminalen und zervikalen Informationen sind mittlerweile mehrfach belegt (Hülse et al 1998), (Schupp 2001), (Bartsch & Goadsby 2003), (Bartsch et al. 2002). Im Folgenden sollen die durch den Plexus cervicalis innervierten Strukturen betrachtet werden. Anhand dieser soll dargestellt werden, dass nicht nur ein Symptom wie Schmerz in der HWS-Region durch eine Störung im kranio-mandibulären System (KMS) provoziert werden kann, sondern auch Symptome wie Schwindel oder Tinnitus.

So versorgt der Plexus cervicalis mit dem Ramus dorsalis von C1 die Subokzipitalmuskeln, der Ventralast versorgt das Atlantookzipitalgelenk. Mit den Rami ventrales von C2 und C3 innerviert er die prävertebrale Muskulatur. Der dorsale Ramus von C2 (N.occipitalis major) innerviert die Haut über dem Okziput sowie die hintere Nackenmuskulatur. Der Ventralast innerviert ebenso das Atlantookzipitalgelenk, Anteile der prävertebralen Muskulatur, des M. sternocleidomastoideus (SCM) und des Musculus trapezius.

Der Ramus dorsalis C3 versorgt die subokzipitale Haut, Muskeln und Facettengelenke von C2/3, während der Ramus ventralis zusammen mit C2 die prävertebrale Muskulatur, SCM sowie den Musculus trapezius innerviert.

C2 und C3 versorgen außerdem zusammen die Haut über der Vorderseite des Nackens und den Kieferwinkel (Siehe Abb.2: Trigeminal- und zervikale Innervation des Kopfes, S.11). Ebenso versorgen die oberen Zervikalnerven die Dura mater der hinteren Schädelgrube und die Arteria vertebralis sensibel.

Aus diesen anatomischen Details bezüglich der zervikotrigeminalen Konvergenz wird demzufolge ersichtlich, dass Irritationen dieser Nerven Symptome überall am Kopf und Nacken hervorrufen können. Neben Schmerz können auch Symptome wie Schwindel und Nystagmus durch eine Störung der Somatosensoren aus Muskeln, Gelenken und Haut der Halswirbelsäule induziert werden. Dieser somatosensorische oder zervikale Schwindel wird immer noch kontrovers diskutiert. Experimentell untersucht sind die neuronalen Verbindungen der Halsrezeptoren mit dem zentralen vestibulären System- hieraus leiten sich der zervikookuläre Reflex sowie die Halsreflexe auf die Körperhaltung betreffend ab. So kommt es durch eine einseitige Anästhesie der tiefen posterolateralen

Nackenstrukturen, zum Beispiel eine C2 Wurzelblockade bei zervikogenem Kopfschmerz, zu einer vorübergehenden Ataxie mit ipsiversiver Gangabweichung und vorbeizeigen ohne Spontannystagmus vor (siehe auch: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie 2008). Schwindelgefühle sind ebenfalls ein übliches Symptom bei kraniomandibulärer Dysfunktion. So zeigten Plato & Kopp (1999) eine Häufung von Schwindel und Tinnitus bei Patienten mit CMD.

Nach der Behandlung der neuralen Verbindungen von KMS und KZS (kraniozervikales System), wird jetzt ein anatomischer Überblick über die Kaumuskulatur und die funktionellen Beziehungen zur Halswirbelsäule gegeben.

### 2.2.2 Muskulatur der KMS-Region

Im Folgenden soll zuerst die Muskulatur des KMS in ihrer Funktion besprochen werden. Danach erfolgt eine Darstellung der Muskulatur des KMS sowie der HWS mit Innervation und Funktion. Im Anschluss wird die funktionelle Zusammenarbeit der Kaumuskeln sowie der vorderen und hinteren Halsmuskulatur dargestellt.

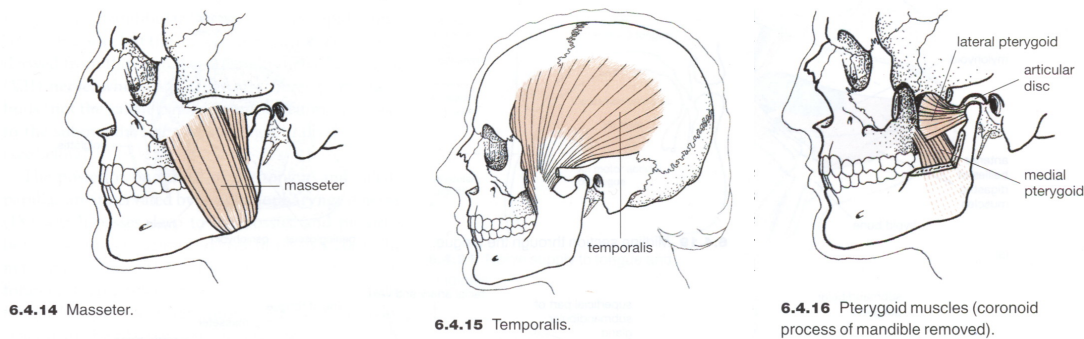
#### 2.2.2.1 Muskulatur des KMS

Für den Kauakt sind drei Muskelgruppen von Bedeutung, die im Folgenden näher erläutert werden. Zunächst die ‚eigentlichen‘ Kaumuskeln, dann die oberen Zungenbeinmuskeln, Musculi suprahyoidei und abschließend die mimische Muskulatur im Bereich des Mundes:

##### 2.2.2.1.1 ‚Eigentliche‘ Kaumuskeln

Am Kauakt selbst sind die ‚eigentlichen‘ Kaumuskeln beteiligt, die Mm. masseter, temporalis, pterygoideus medialis und lateralis, die an der Mandibula direkt ansetzen und dadurch die größte Kraftentfaltung auf die Region Kopf-/Kiefergelenk bewirken können (siehe Abbildung 4, Seite 19).

Sie sind Abkömmlinge des ersten Kiemenbogens und werden vom Nervus trigeminus (V3) versorgt.



**Abbildung 4: Kaumuskeln; M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus lateralis und medialis.**  
Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005), p. 83

#### 2.2.2.1.2 Obere Zungenbeinmuskeln, Musculi suprahyoidei

Das Os hyoideum nimmt eine zentrale Stellung im ventralen Halsbereich ein. Es handelt sich bei dem Zungenbein um einen kleinen, hufeisenförmig gebogenen Knochen mit paarigen Ausläufern auf jeder Seite, die Cornua majora et minora. Das Zungenbein geht keinerlei gelenkige Verbindung ein, es ist in die Muskelschlingen der supra- und infrahyalen Muskulatur eingebettet und wird von diesen gehalten. Am Cornu minus setzt das vom Processus styloideus ossis temporalis kommende Ligamentum stylohyoideum an, dass das Hyoid somit ligamentär mit dem Schläfenbein verbindet.

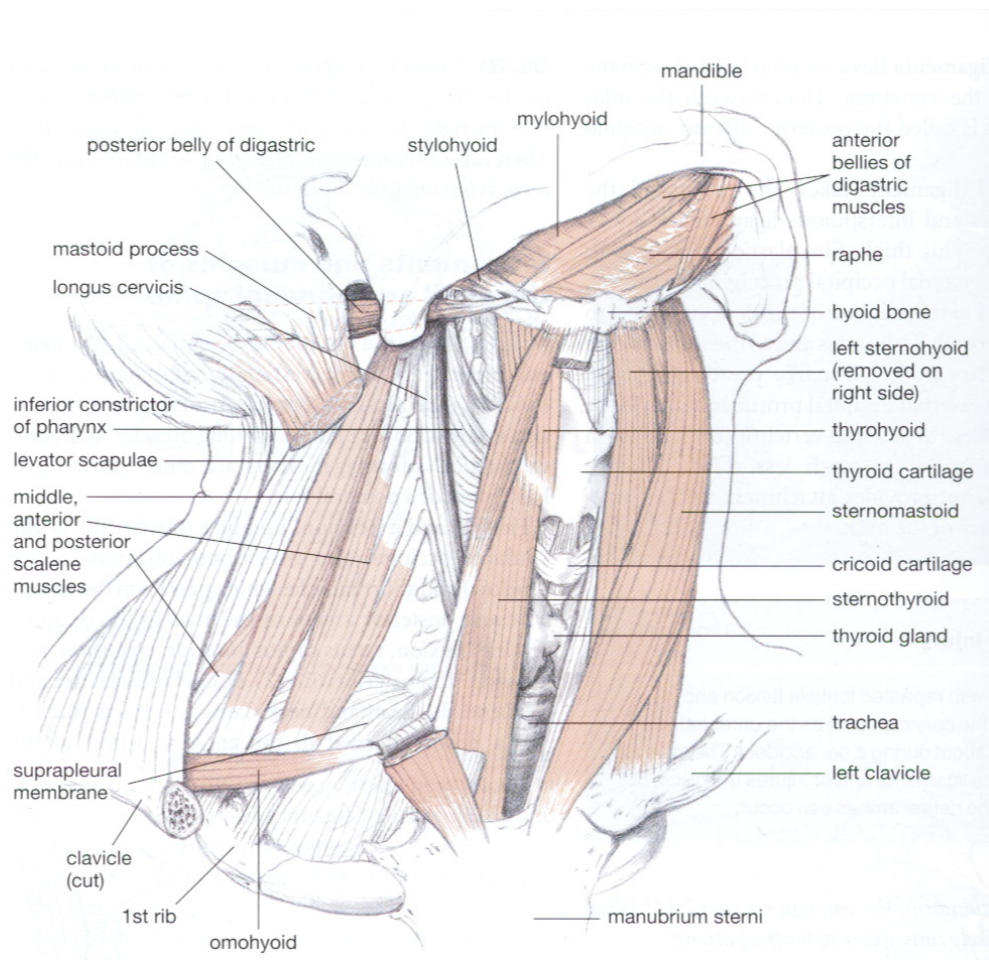
Zur suprahyalen Muskulatur zählt unter anderem der Musculus geniohyoideus, mylohyoideus und der Venter anterior des Musculus digastricus. Der Musculus geniohyoideus wird aus den Rami anteriores der ersten und zweiten Zervikalnerven innerviert. Der Musculus mylohyoideus wird aus einem Ast des Nervus mandibularis versorgt ebenso wie der Venter anterior des Musculus digastricus. Die suprahyale Muskulatur sorgt für den muskulären Aufbau des Mundbodens. Sie werden deshalb auch als Mundbodenmuskeln bezeichnet.

Beim Schluckakt heben sie gemeinsam mit der Pharynxmuskulatur das Zungenbein und das Kehlkopfskelett nach ventral-kraniel. Nach oben bietet die Mundbodenmuskulatur der Zunge ein Widerlager, so dass diese gegen den Gaumen gedrückt werden kann. Ebenso wirkt die Mundbodenmuskulatur über den Unterkiefer auf das Kiefergelenk, wenn das Zungenbein durch die infrahyale Muskulatur festgestellt ist (siehe Abbildung 5, Seite 20).

Die Mundbodenmuskulatur senkt dann aktiv den Unterkiefer, wobei die Aktivität des Venter anterior musculus digastricus mit zunehmender Mundöffnung steigt.

#### 2.2.2.1.3 Mimische Muskulatur im Bereich des Mundes

Die mimische Muskulatur im Bereich des Mundes spielt in Bezug auf den Kauvorgang eine untergeordnete Rolle. Sie dient vielmehr der Nahrungsaufnahme und der Artikulation sowie der Mimik. Zur mimischen Muskulatur zählen so unter anderem die Mm. orbicularis oris, buccinator, zygomaticus major et minor, risorius, levator labii superioris, levator anguli oris, depressor anguli oris, depressor labii inferioris und mentalis. Als Abkömmlinge des zweiten Kiemenbogens werden sie motorisch vom Nervus facialis versorgt.



**Abbildung 5: Übersicht der supra- und infrahyalen Muskulatur sowie des Musculus scalenus anterior, medius und posterior. Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005, p. 60)**

### 2.2.3 Muskulatur der HWS

Die Darstellung der Halswirbelsäulenmuskulatur wird in zwei Abschnitten besprochen. Zuerst erfolgt eine Betrachtung der prävertebralen Muskulatur sowie der posterioren Muskulatur.

Im zweiten Abschnitt wird auf den Aufbau der subokzipitalen Muskulatur im oberen Halswirbelsäulenabschnitt detaillierter eingegangen. Dies ist relevant, da die vorliegende Arbeit sich schwerpunktmäßig mit der Beweglichkeit der oberen HWS auseinandersetzt.

In Abbildung 8, Seite 25, ist die Halswirbelsäulenmuskulatur zur besseren Übersicht schematisch dargestellt, unterteilt in prävertebrale und posteriore Muskulatur.

#### 2.2.3.1 Prävertebrale, seitliche und posteriore Halswirbelsäulenmuskulatur:

Muskeln, welche die Bewegungen in den Atlantookzipitalgelenken, Atlantoaxialgelenken und den weiteren intervertebralen zervikalen Gelenken führen, lassen sich in vier funktionelle Gruppen einteilen: Flexoren, Extensoren, Lateralflexoren und Rotatoren. Einige dieser Muskeln sind eher lang und haben einen starken dynamischen Einfluß; andere sind wesentlich kürzer und haben eher eine posturale Funktion (Mac Kinnon & Morris, 2005).

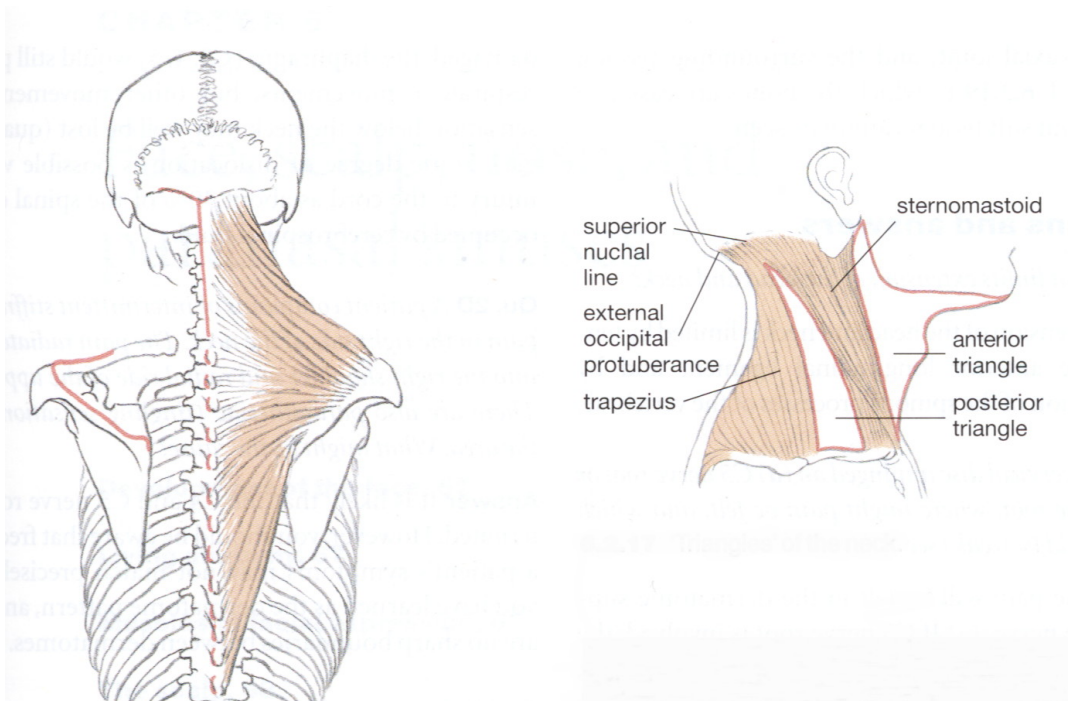
Betrachtet man Flexion und Extension, sind an den nickenden Bewegungen am Atlantookzipitalgelenk sowohl lange Muskeln (siehe unten) als auch kurze Muskeln involviert, die von den vorderen und hinteren Bögen des Atlas zum Okzipitalknochen gehen (Flexion: Rectus capitis anterior; Extension: Rectus capitis posterior, siehe subokzipitale Muskeln, Abb. 7, S. 24). Die langen Muskeln führen die Vor- und Rückneigebewegung von Kopf und Hals. So ist der Musculus longus cervicis (siehe Abb. 5, 20) ein starker Flexor, der von der Vorderseite der Halswirbelsäule von T3 bis zum Atlas verläuft; der abwärts verlaufende Extensor (Longus capitis) inseriert zwischen den Tubercula anteriores der Querfortsätze C3-C6 und zieht zur Pars basillaris des Okziputs. Eine komplexe Gruppe von Extensoren (siehe Abb.7, S. 24) ist dorsal am Hinterhauptbein zwischen dem Foramen magnum und der Linea nuchae superior, am Ligamentum nuchae, den Tubercula posteriores der Querfortsätze der oberen Halswirbel und an den unteren Bereichen der Wirbelsäule befestigt.

Die Lateralflexion wird durch die Mm. scaleni (Musculus scalenus anterior, medius & posterior, siehe Abb.5, 20) umgesetzt, welche von den Proc. transversi abwärts zur ersten und zweiten Rippe verlaufen.

Rotation des Atlantoaxialgelenks wird sowohl durch den langen Musculus sternocleidomastoideus (siehe unten) als auch durch kurze Muskeln ( Musculus obliquus superior und inferior, siehe Abb. 7, S. 24) umgesetzt. Alle Muskeln dieser Gruppe werden segmental aus den Zervikalnerven versorgt. Die vorderen Hauptäste versorgen die Flexoren und den Musculus scalenus anterior, die hinteren Hauptäste versorgen die Extensorengruppe und die Musculi scaleni medius und posterior.

Die Mm. sternocleidomastoidei liegen quer auf der Seitenfläche des Halses. Bilateral kontrahiert bewirken die beiden Muskeln eine Protraktion des Kopfes, einzeln kontrahiert eine Rotation des Kopfes. Jeder Muskel hat einen tendinösen Ursprung von der Vorderseite des Manubrium und einen fleischigen Ursprung vom mittleren Teil der Klavikula. Die langen parallelen Fasern inserieren am Proc. mastoideus und der oberen Nuchallinie des Hinterhauptbeins. Sie werden von der Radix spinalis des Nervus accessorius versorgt.

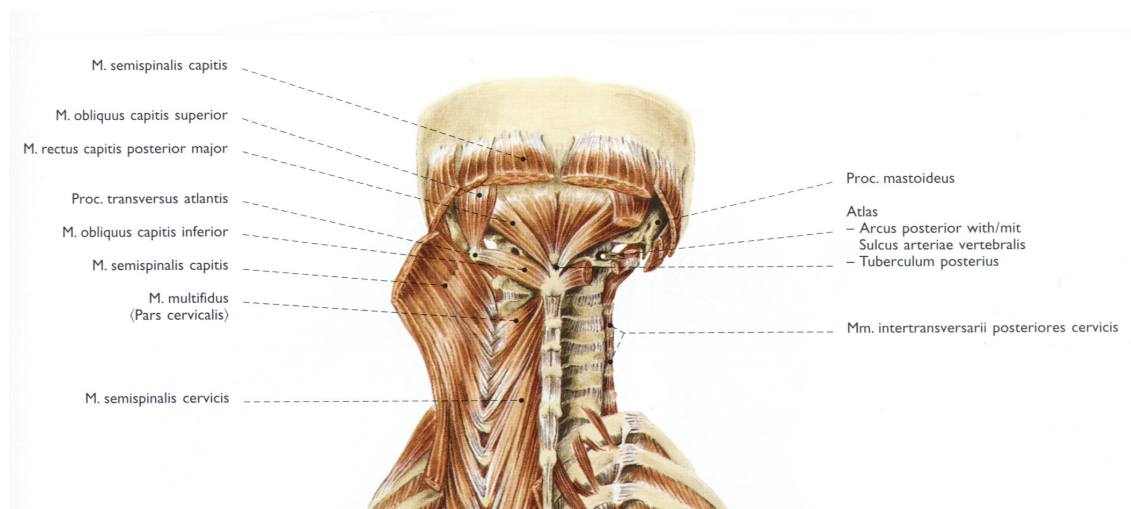
Der Musculus trapezius ist verantwortlich für multiple Bewegungen. Er entspringt aus der Protuberantia occipitalis externa und den oberen Nuchallinien auf dem Hinterhauptbein, dem Ligamentum nuchae und den Dornfortsätzen von thorakale eins bis zwölf der Brustwirbelsäule. Seine oberen Fasern ziehen zum inneren Rand des seitlichen Drittels der Klavikula, zum Akromion und dem oberen Bereich der Spina scapulae. Seine unteren Fasern ziehen von der Spina scapulae nach kaudal. Die oberen Fasern „zucken“ also die Schultern; Kontraktionen der oberen und unteren Fasern rotieren das Schlüsselbein an der Thoraxwand, so dass die Fossa glenoidale (und dadurch auch das Schultergelenk) nach oben gehoben wird und der Arm über den Kopf gehoben werden kann. Wenn alle Teile zusammen kontrahieren, werden die Schultern retrahiert. Der Musculus trapezius wird aus den Ästen der Radix spinalis von C2-4 und zusätzlich aus der Radix spinalis des Nervus accessorius versorgt (siehe Abbildung 6, Seite 23).



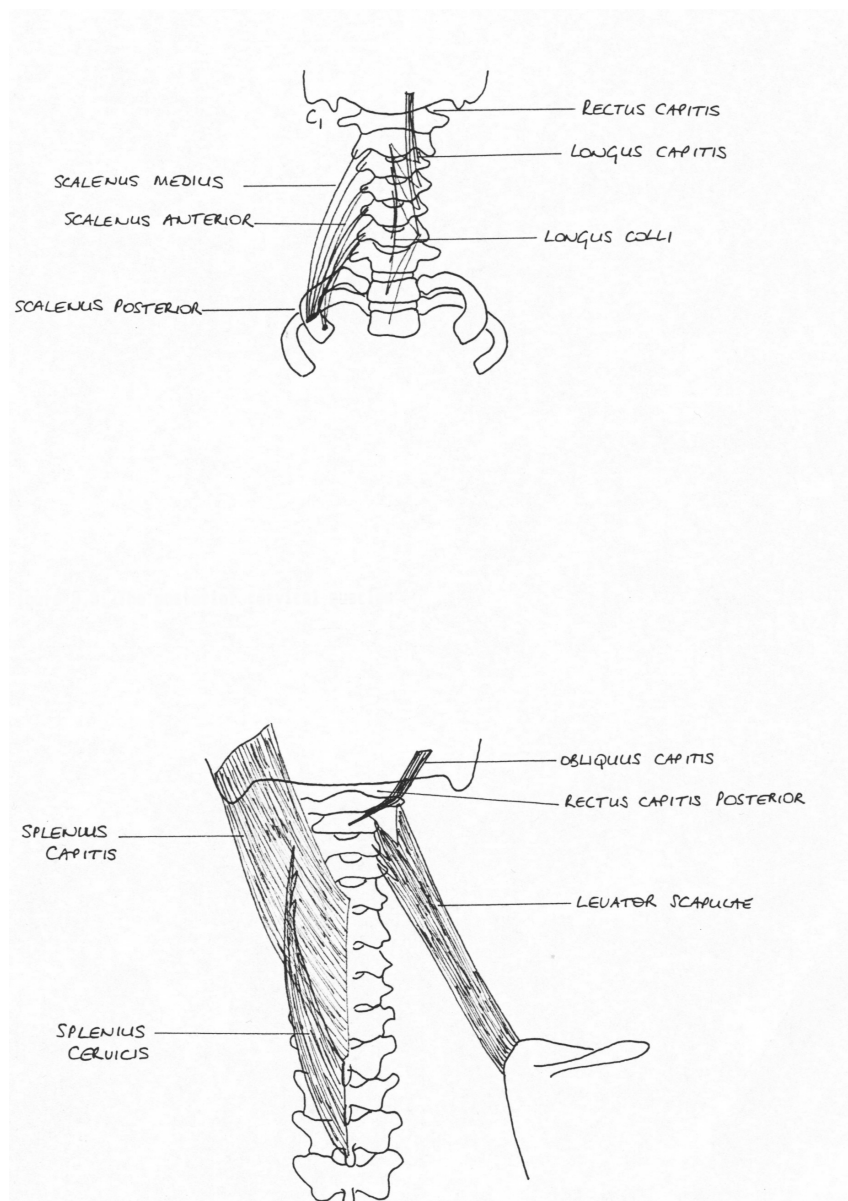
**Abbildung 6: Darstellung der Musculi trapezius und sternocleidomastoideus. Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005) p. 61**

### 2.2.3.2 Subokzipitale Muskulatur

Die dorsalen, kurzen und tiefen Kopfmuskeln (Musculi recti capitis posterior major et minor, Musculi obliqui capitis inferior et superior (siehe Abbildung 7, Seite 24), sind für die vorliegende Arbeit insbesondere von Interesse. Sie werden aus den Rami posteriores vom motorischen Nervus suboccipitalis (C1) innerviert. Diese Muskeln bilden als so genannte subokzipitale Muskulatur zusammen ein Dreieck, in dessen Tiefe der Atlasbogen mit der Arteria vertebralis gelegen ist. Die subokzipitale Muskulatur verbindet somit den Kopf mit dem ersten und zweiten Halswirbel. Sie sorgen für die Ausrichtung des Kopfes auf den Körper und somit für die Einhaltung der Augen-Labyrinth-Ebene (Coenen 2001), der für die Orientierung des Individuums im Raum benötigt wird. So übernimmt die subokzipitale Muskulatur ebenfalls eine wesentliche Funktion in der Informationsweiterleitung der räumlichen und positionellen Wahrnehmung ein, welche im ZNS verarbeitet wird. In den subokzipitalen Muskeln findet sich hierfür die größte Spindelrezeptorendichte mit bis zu 312 Muskelspindeln pro Gramm Muskel (ebd.). Die oberflächlicheren dorsalen Muskelschichten der HWS enthalten immerhin noch bis zu zehnfach mehr Spindelrezeptoren als die übrigen langen Rückenmuskeln und spielen ebenfalls eine wesentliche Rolle in der räumlichen und positionellen Wahrnehmung.



**Abbildung 7: Darstellung der suboccipitalen Muskulatur (entnommen aus Rohen, 2000)**



**Abbildung 8: Schematische Darstellung der prävertebralen und posterioren zervikalen Muskulatur ,  
entnommen aus Wilkie (Wilkie 1988)**

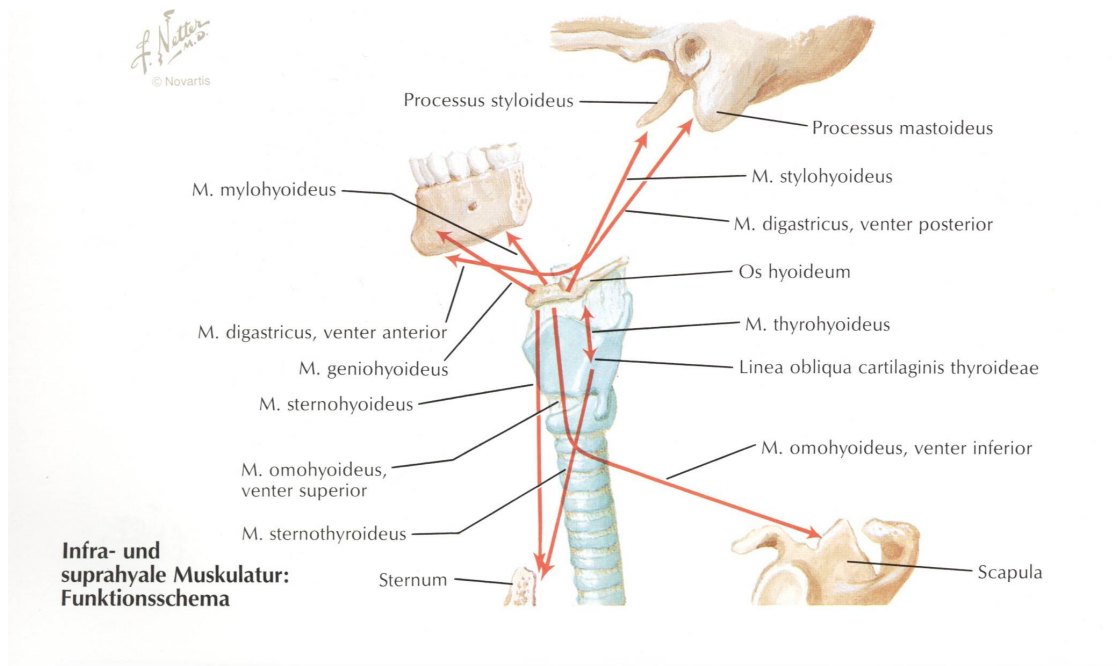
### 2.2.3.3 Funktionelle Zusammenarbeit der Kaumuskeln sowie der vorderen und hinteren Halsmuskulatur

Es gibt keine direkte muskuläre Verbindung zwischen dem Kiefergelenk und der HWS. Betrachtet man die Muskulatur der KMS-Region allerdings in ihrer übergreifenden Funktion zusammen mit der posterioren zervikalen Muskulatur der HWS so zeigt sich eine indirekte Verbindung zwischen HWS und KMS.

Diese Verbindung ist elementar für das funktionelle Zusammenspiel von Kopf und Kiefer. Muskuläre Verbindungen existieren aufgrund einer geschlossenen Muskelkette im KMS. Ventral verbinden Muskeln den Schädel mit dem Unterkiefer (die Kaumuskeln, siehe oben). Kaudal ist der Unterkiefer am Schultergürtel durch das Zungenbein (suprahyoidaler und infrahyoidaler Muskel, siehe oben) verankert. Dorsal verbindet die Zervikalmuskulatur den Schädel mit dem Schultergürtel (Walther, 1983). So bewirkt die Kontraktion eines Muskels einen Zug an dem benachbarten Bindegewebe, welches via Muskel oder Knochen verbunden ist. So wird eine Kräfteketten ausgelöst, welche das Gleichgewicht des ganzen Systems negativ beeinflusst. Auf diese Weise wird ersichtlich, wie funktionelle muskuläre Dysbalancen des Kauapparates (z.B. Hyper- oder Hypotonizität) das Gleichgewicht der hinteren Zervikalmuskulatur und vice versa stören. Dysfunktionen des KMS oder der Halswirbelsäule können Funktionstörungen der zervikalen Muskulatur verursachen und diese können mit dem Faktor Zeit funktionelle und später strukturelle Veränderungen an den Gelenken bedingen.

Im Rahmen ihrer Arbeit „Kraniomandibuläres System und Wirbelsäule“ beschreiben Stiesch-Scholz & Fink (2004) das Zusammenspiel von KMS- und HWS-Muskulatur bei Extension und Flexion spezifischer. Dies beinhaltet, dass es bei Extension der HWS aufgrund des Muskelzuges der infra- und suprahyalen Muskulatur sowie der vergrößerten Weichteilspannung im vorderen Halsbereich zu einer Retralverlagerung der Mandibula und zu einer Vergrößerung des interokklusalen Abstandes in Ruheposition kommt. Vice versa induziert eine Flexion der HWS eine Protrusion der Mandibula und führt zu einer Verringerung des interokklusalen Abstands. So demonstrieren die integrativen und

übergreifenden Funktionen dieser Muskel- und Bindegewebsketten die enge Interaktion von KMS und KZS (siehe Abbildung 9, Seite 27)



**Abbildung 9: Schematische Darstellung vorderer und hinterer Halsmuskulatur (entn. aus Netter, 1995, S. 24)**

## 2.3 Anatomie der Lenden-Becken-Hüftregion

Einen direkten 'Link' vergleichbar dem Modell der zervikotrigeminalen Konvergenz finden wir im Bereich der LBH-Region zum kranio-mandibulären System bis dato nicht. Zwei hypothetische Modelle (Fink et al. 2003), (Schupp 2009) sollen überblicksartig besprochen werden. Hieraus werden die in den Modellen vorgestellten Muskeln der LBH-Region tabellarisch in Lage, Ursprung und Innervation aufgeführt.

Im Anschluss werden funktionelle Zusammenhänge der Kaumuskeln, der vorderen und hinteren Halsmuskulatur sowie der Lenden-Becken-Hüftregion dargestellt.

### 2.3.1 Diskutierte Modelle von okklusalen Auswirkungen auf die LBH-Region

Fink et al. (2003) formulierte eine mögliche Erklärung im Sinne einer Störung des muskulären Gleichgewichts rechts-links oder ventrodorsal durch die großen LBH-Muskeln mit Ansatz am Ilium, wie dem M. quadratus lumborum, dem M. biceps femoris und den Mm. glutei dorsal sowie dem M. iliacus und dem M. rectus femoris ventral. Gestützt werden diese Gedanken durch die Arbeiten von Nicolakis (Nicolakis et al, 2000). Er stellte eine Verkürzung der Wadenmuskulatur, des M. gluteus maximus und des M. iliopsoas bei Patienten mit CMD fest (Nicolakis P., Nicolakis M. & Pieshlinger (2000). Valentino, Fabozzo & Melitto (1991) beschrieben Korrelationen zwischen einer Änderung des Fussgewölbes und einem veränderten Innervationsmuster der mastikatorischen Muskulatur.

Schupp (2009) diskutierte ebenfalls das Modell einer duralen Torsion (Dural torque), wobei durch kraniofasziale Asymmetrien Spannungen im duralen System entstehen. Diese führen über die duralen Insertionen an der Schädelbasis und der oberen Halswirbelsäule zu Asymmetrien des axialen Systems. So könnten sich durale Torsionen hochzervikal/sphenobasilar hypothetisch über das Sakrum als Beckendysfunktion äußern. So konnten Huggare, Pirttiniemi & Serlo (1991) eine Korrelation bei Kindern mit lateralem Kreuzbiss und Skoliose belegen. Wenn weitere Arbeiten das Modell eines 'Dural Torque' bestätigen, sollten sich im Rahmen der Asymmetrie Tonusänderungen an der direkt am Sakrum inserierenden Muskulatur durch eine Okklusionsstörung finden. Durch die direkte Insertion wären hier der M. piriformis, M. gluteus maximus sowie der M. coccygeus von

Interesse. Eine entstandene Asymmetrie würde eine Einschränkung der Beweglichkeit des sakroiliakalen Gelenks oder/und eine positionelle Änderungen aufzeigen. Ebenso sollte diese Dysfunktion mit einer veränderten Empfindlichkeit der so gereizten periartikulären Strukturen einhergehen. Die Mm. quadratus lumborum, piriformis, coccygeus und psoas sind für die vorliegende Arbeit insbesondere von Interesse und werden in Lage und Funktion in Tabelle 3, Seite 29, aufgeführt.

| Muskel                | Funktion                                                                                                                                                                   | Ursprung/ Ansatz                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M. quadratus lumborum | Unil.:Lateralflexion des Rumpfes oder Beckenelevation, je nach punctum fixum<br>Bilateral: Extension Ws., Fixation der Rippen bei forcierter Expiration                    | Ursprung: Crista iliaca, Lig. Iliolumbale<br>Ansatz: Proc. costales L1-4, 12. Rippe<br>Innervation: Rami ventrales T12-L3                                                          |
| M. piriformis         | ARO Cox, Add unter 60°<br>Hüftflexion, über 60°<br>Hüftflexion Abd                                                                                                         | Ursprung: ventrolateral am Sakrum, lateral der Foramina sakralia pelvina, Incisura Ischiadica major.<br>Ansatz: Dorsolateral Trochanter Major<br>Innervation: Plx. sakralis, L5-S2 |
| M. psoas              | Hüftflexor und Außenrotator, bei unilateraler Kontraktion<br>Lateralflexion der LWS, bei bilateraler Kontraktion<br>Flexion oder Extension der LWS (je nach Punctum fixum) | Ursprung: oberflächlicher Anteil: ventrolateral am Corpus vertebrae T12-L4<br>Tiefer Anteil: Proc Costales L1-5<br>Ansatz: Trochanter minor<br>Innervation: Plx. Lumbalis L1-4     |
| M. coccygeus          | Verstärkt den Beckenboden, entwicklungsgeschichtlich von Bedeutung für Schweißbewegungen als letzter beweglicher Anteil der Wirbelsäule                                    | Ursprung: Spina ischiadika, Lig. sakrospinale<br>Ansatz: Unterer äußerer Winkel des Sakrums, Innenfläche des Steißbeins<br>Innervation: Plx. Sakralis S3-4                         |

**Tabelle 3: Tabellarische Ansicht von Ursprung, Ansatz und Innervation der lumbopelvischen Muskulatur**

### 2.3.2 Funktionelle Zusammenhänge der LBH-, KMS- und HWS- Region

Sollte durch eine Okklusionsstörung eine unterschiedliche Aktivierung der großen LBH-Muskeln bestehen, könnte diese zu Unterschieden in der Beweglichkeit in der LBH-Region führen (Fink et al. 2003). Hülse und Losert-Brugner (2002) konnten durch eine Okklusionsstörung einen Bewegungsverlust von 15° bei einer Hüftabduktion in 90 ° Hüftflexion (Priener Abduktionstest, PAT) belegen. Fink et al. (2003) konnte durch eine Okklusionsstörung signifikant mehr Dysfunktionen im sakroiliakalen Gelenk belegen. Huggare, Pirttiniemi & Serlo (1991) konnten eine Korrelation bei Kindern mit lateralem Kreuzbiss und Skoliose aufzeigen. Schmitt (2010) fand einen Zusammenhang bei einseitiger Angle Klasse II –Verzahnung (mandibuläre Retrusion und maxilläre Protrusion) und einer bestehenden Skoliose auf der kontralateralen Seite.

Hierüber sind Dysfunktionen der LBH-Region durch eine Störung der Okklusion oder vielleicht eher das verstärken vorhandener Dysbalancen durch Tonuserhöhung der großen Muskeln denkbar.

### 2.4 Posturale Verbindungen der KMS-, HWS-, Schultergürtel- sowie der LBH-Regionen

Nachdem die zahlreichen neuroanatomischen und biomechanischen Verbindungen zwischen KMS und der Halswirbelsäule dargestellt wurden, sollen jetzt die funktionellen Zusammenhänge in Bezug auf Haltungsanpassungen vorgestellt werden. Die meisten funktionellen Zusammenhänge entstehen durch die engen anatomischen Beziehungen und das Möglichkeiten des Systems, passende Kopfbewegungen während des Redens, Essens, Schluckens usw. zu erlauben. Es ist zweifelhaft, ob der Mensch sich sehr weit entwickelt hätte, wenn der Kopf beim Reden oder Kauen, ausgelöst durch die Kieferbewegung, jedesmal auf und ab gewippt wäre.

Sherrington (zitiert nach Preiskel (1965)) sagte:

“Posture is the basis of all movement and all movement begins and ends in posture”.

Frei übersetzt bedeutet dies: Die Haltung dient als Basis für alle Bewegungen und alle Bewegung beginnen und enden in Abhängigkeit der Haltung. Aus diesem Grund soll zunächst anhand der Kopfhaltung das funktionelle Zusammenspiel zwischen der führenden Muskulatur von KMS und KZS aufgeführt werden. Danach soll der Einfluss der Mandibularposition auf die KZS-Region dargestellt werden. Ebenfalls soll der Einfluss der Okklusion auf die KMS- und HWS-Region aufgezeigt werden.

#### 2.4.1 Kopfposition und Posturologie

Die ideale Kopfposition beinhaltet ein Lot, welches dicht vor den okzipitalen Kondylen und dementsprechend vor der Halswirbelsäule abwärts läuft (Rocabado, 1984). Der Kopf tendiert dazu auf der Wirbelsäule nach ventral zu kippen, vergleichbar einer Person die einzuschlafen droht. Die starke dorsale Zervikalmuskulatur stabilisiert den Kopf gegen die Schwerkraft. Die vorderen Zervikalmuskeln sind zarter und deutlich schwächer entwickelt, da sie durch die Gravitation funktionell unterstützt werden.

Diese Stabilisation des Kopfes scheint nicht sehr effizient zu sein, doch es ist der Preis, den wir für eine aufrechte Haltung bezahlen.

Der Kopf könnte funktionell als „Wippe“ auf dem Atlantookzipitalgelenk betrachtet werden. Jede Struktur vor diesem Gelenk lädt weiteres Gewicht auf die hinteren Zervikalmuskeln. Hierzu zählen ebenso die ventral gelegenen knöchernen Unterkiefer- und oralen Strukturen, einschließlich mimischer, mastikatorischer und supra- sowie infrahyaler Muskulatur. Jede Tonuserhöhung dieser Muskeln erfordert eine ausgleichende Tonuserhöhung in der hinteren Zervikalmuskulatur (Thurrow, 1977). Dies kommt physiologisch im KMS beim Kauen, Sprechen und Schlucken vor.

Wenn wir als weit verbreitete Fehlhaltung die nach vorne geneigte Kopfhaltung nehmen, ist bei dieser Haltung der Unterkiefer aufgrund des Zugs der Hyoidmuskeln vom Sternum retrahiert verlagert. Stiesch-Scholz & Fink (2004) beschrieben hierzu, dass es durch die Vorverlagerung des Kopfes zu einer vermehrten Muskelaktivität infra- und suprahyoidal kommt, ebenso wie bei den Musculi masseter und temporalis. Durch die vermehrte

Muskelaktivität bewirken diese ihrerseits eine Rückverlagerung der Mandibula sowie der Kondylen in eine dorsokraniale Position. Die Vorverlagerung des Kopfes bewirkt ebenfalls eine Aktivitätssteigerung der dorsalen Zervikalmuskulatur. So birgt eine oben beschriebene Verlagerung um nur einen Zentimeter eine erhebliche Zunahme der isometrischen Haltearbeit der Nackenmuskeln. Um die Augen-Labyrinth-Ebene weiterhin aufrecht zu erhalten, kommt es zu einer Retroversion des atlantookkzipitalen Gelenkes. Dies wird durch eine vermehrte konzentrische Arbeit der kurzen, tiefen Nackenmuskeln aufrechterhalten.

“The more forward the head, the more retruded the mandible” (zitiert nach Witzig & Terkes, 1985).

#### 2.4.2 Unterkieferposition und Posturologie

Die Mandibula wird in einer Muskelschlinge gestützt, welche der vorderen Belastung der Halswirbelsäule noch Gewicht zufügt. Das Öffnen des Kiefers wird durch die Schwerkraft erleichtert, in Ruheposition zeigt sich eine Öffnung des Unterkiefers von 2-3 mm, die sogenannte Ruheschewe. Die kieferschließenden Muskeln sind hierbei nicht aktiv. Da der Kopf tendenziell in Extension steht, tendiert der Kiefer dazu, sich zu öffnen. Dies geschieht durch den Zug der Hyoidmuskeln. Tatsächlich kann der Mund ganz geöffnet werden, wenn die Mandibula fixiert und der Kopf beim sogenannten ‘head opening’ gestreckt wird (Preiskel, 1965). Wenn der Kopf gebeugt wird, tendiert der Mund dazu, sich zu schließen, da die Mandibula gegen das Sternum und die Maxilla nach unten gedrückt wird.

Die Unterkieferhaltung wird in hohem Maße durch den okklusalen Kontakt der Zähne beeinflusst. Bei Malokklusion (aphysiologischer Zahnschluss) entsteht eine uneinheitliche Spannung auf beiden Seiten der Muskulatur, die zu Dysfunktionen des kranio-mandibulären Systems führen kann. Der gleiche Mechanismus wirkt bei uneinheitlicher Spannung in der hinteren Zervikalmuskulatur, was zervikale Dysfunktionen prädisponiert. Veränderungen in den posturalen Stellungen des Kopfes und Halses beeinflussen die Ruhestellung der Mandibula und somit der Okklusion. So wird bei der vorverlagerten Haltung des Kopfes und der damit verbundenen Retrusion der Mandibula das okklusale Kontaktmuster verändert und verursacht einen stärkeren Kontakt im hinteren Molarenbereich. (Rocabado,

1984). Wird eine solche Haltung andauernd eingenommen, müssen sich die Zähne permanent an das neue Okklusionsmuster anpassen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bereiche Kopf, HWS, KMS sowie Schultergürtel in funktioneller Sicht eng zusammen Arbeiten. Jede Tonuserhöhung der faszialen oder mastikatorischen Muskulatur muss kompensatorisch durch eine Tonuserhöhung der posterioren zervikalen Muskulatur ausgeglichen werden. Ebenso beeinflussen Haltungsänderungen des Kopfes auf dem Schultergürtel eine Anpassung der Stellung der Mandibula, was ebenfalls zu einer Änderung der Okklusion führt. Die Auswirkungen einer veränderten Okklusion auf weiter periphere Gebiete wie die LBH-Region werden kontrovers diskutiert. Fink et al (2003), Schupp (2009) und sowie Hülse & Losert-Bruggner (2002) zeigten, dass Störungen der Okklusion Funktionseinschränkungen der Hüftabduktion sowie sakroiliakale Dysfunktionen verursachen. Bis dato fehlt allerdings ein schlüssiges Erklärungsmuster mit belastbaren Befunden desselben.

Im Folgenden sollen nun durch Studien empirische Bezüge zur Theorie hergestellt werden.

## **2.5 Empirischer Teil**

Im theoretischen Teil wurden die neurologischen Konvergenzen zwischen KMS und HWS beschrieben, welche nun im kommenden ersten Abschnitt anhand von Untersuchungen (Bartsch & Goadsby 2003), (Bartsch & Goadsby 2002), (Malick et al. 2000), (Yu et al. 1995), (Hu et al. 1993) belegt werden sollen.

Der zweite Teil gibt einleitend einen geschichtlichen Überblick vom Stand der Forschung über das Krankheitsbild der kranio-mandibulären Dysfunktion (CMD). Dies ist vonnöten, da bis in die späten 80er Jahre die in der vorliegenden Arbeit verwendete Literatur andere Termini für Dysfunktionen im kranio-mandibulären System benutzte. Der größte Anteil der aktuellen Arbeiten benutzt bei Störungen im KMS den Oberbegriff CMD. Dieser Begriff soll insofern im Rahmen der vorliegenden Arbeit besprochen werden. Er unterteilt sich in Definition sowie Befundung einer CMD. Abschließend sollen Studien, die den Symptomenkomplex einer CMD belegen, aufgeführt werden.

Der dritte Teil „Pathophysiologie der KMS- und oberen HWS- Region“ führt Studien neueren Datums auf (Fink et al. 2003), (Schupp 2009), die die im theoretischen Teil vorgestellten Zusammenhänge zwischen KMS- und HWS-Region zusätzlich untermauern.

Der vierte Teil biomechanische „Zusammenhänge des KZS und KMS sowie der LBH-Region“ ergänzt und untermauert die im theoretischen Teil vorgestellte Biomechanik durch aktuelle Arbeiten (Stiesch-Scholz & Fink 2004), (Schupp 2009).

Aus Theorie und Empirie lassen sich die für die vorliegende Arbeit verwendeten Hypothesen ableiten. Genauer gesagt, ob sich eine Beeinflussung zwischen einer kurzfristigen Störung der Okklusion und der Beweglichkeit der Halswirbelsäule sowie der Lenden-Becken-Hüft-Region finden lässt. Die Hypothesen werden im letzten Abschnitt vorgestellt.

#### 2.5.1 Untersuchungen zu neuronalen Interaktionen der trigeminal und hochzervikal innervierten Gebiete

Wie bereits in der embryologischen Entwicklung von KMS und HWS aufgeführt, beschreibt Hülse et al. (1998) eine zervikotrigeminale Konvergenz durch eine Vermischung von afferenten Fasern der oberen zervikal sowie trigeminal versorgten Region. Im Folgenden werden deshalb Untersuchungen an Tieren dargestellt, welche diese Konvergenz bestätigen. Es werden zuerst die sensiblen, also non-nozizeptiven und nozizeptiven Interaktionen zwischen KMS- und HWS-Region dargestellt und im Anschluss folgen Arbeiten, welche die Interaktionen der Muskelaktivität zwischen KMS- und HWS-Region darstellen.

#### 2.5.2 Neuronale sensible Interaktionen zwischen KMS- und HWS-Region

Bartsch & Goadsby (2003) konnten eine Konvergenz in Neuronen des zervikalen Hinterhorns (C2) an Ratten nachweisen. Sie bezeichneten dies als trigemino-zervikalen Komplex bei Kopfschmerzen. Sie untersuchten, ob eine gewebsverletzende Stimulation der Dura eine Sensibilisierung der sekundären Neuronen hervorruft, die zu einer erhöhten Ansprechbarkeit auf Stimulation der zervikalen Afferenzen führt. Es wurden Messungen von 29 nozizeptiven Neuronen in den Hinterhörnern von C2 der Ratte aufgenommen, die

konvergierenden synaptischen Input von trigeminalen und zervikalen Afferenzen erhielten. Trigeminal Afferenzen der supratentoriellen Dura mater wurden mit Senföl ausgelöst und die Reaktionen der sekundären Neurone auf die Stimulation des N. occipitalis major (NOM-N. occipitalis major) wurden vor und nach Stimulation der Dura untersucht. Nachdem Senföl auf die Dura appliziert wurde, nahmen die mechanorezeptiven Schwellenwerte der Dura beträchtlich ab. Gleichzeitig konnte eine Vergrößerung der trigeminalen und zervikalen kutanen mechanisch rezeptiven Felder von 71 Prozent beobachtet werden. Durch die Stimulation der Dura konnte ebenfalls eine Zunahme von nozizeptiven Reizen aus der tiefen paraspinalen Muskulatur beobachtet werden. Die Neurone reagierten sogar auf normalerweise unschädliche, mechanische Stimulierung und zeigten maximale Entladungen bei schädlicher Stimulation. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass die Stimulation der nozizeptiven afferenten C-Fasern der Dura Mater zur Sensibilisierung der sekundären Neuronen, welche einen zervikalen Input erhalten, führte. Hieraus folgerten Bartsch & Goadsby (2003), dass dieser Mechanismus bei der Schmerzübertragung von trigeminalen zu zervikalen Strukturen involviert sein könnte und möglicherweise zum klinischen Phänomen der zervikalen Hypersensitivität bei Migräne und Cluster-Kopfschmerz beiträgt.

Somit stützen Bartsch & Goadsby (ebd.) die Aussagen von Schupp (2001) und Hülse et al (1998) in ihren Überlegungen einer zervikotregimalen Konvergenz (siehe Abschnitt 2.1.1.3.2, Seite 9).

In einer weiteren Studie von Bartsch & Goadsby (2002), stimulierten sie Anteile der N. occipitalis major (NOM)-innervierten Muskulatur und der kutanen C-Faser - Afferenzen mit Senföl (ein C-Fasern stimulierendes Mittel). Dies führte zu einer Zunahme der Erregbarkeit der afferenten meningealen Neurone. Ziel der Arbeit war es, die nozizeptiven Neurone im Hinterhorn des spinalen Anteils auf Höhe C2 der Ratte, welche konvergierenden afferenten Input von den Meningen und dem NOM erhalten, zu bestimmen. Diese Neuronen wiesen Afferenzen sowohl durch NOM -innervierter Haut und Muskulatur auf sowie zusätzlichen konvergenten Input aus der Gesichtshaut. Bartsch & Goadsby (ebd.) zeigten, dass die Physiologie dieser Neuronen grundlegend für das Verstehen des vielleicht üblichsten Übertragungsmusters von Kopfschmerzsyndromen

zwischen den trigeminalen und zervikalen Regionen ist. Diese Daten untermauern die Bedeutung des zervikalen Einflusses bei Kopfschmerz.

Malick et al. (2000) untersuchten den Verlauf von 81 sensorischen Neuronen an Ratten mittels single-unit-Aufnahmen, einem Verfahren zum Messen der Aktivität einzelner Neurone. Es wurden trigeminusrezeptive Neurone aus den Regionen der kaudalen Medulla und des oberen zervikalen Rückenmarks (Höhe C1) untersucht, welche direkt über den Hypothalamus verschaltet wurden. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die verschiedenen sensorischen Qualitäten der zum Hypothalamus führenden Neurone zu identifizieren und die Route ihrer aufsteigenden axonalen Projektionen zu kartografieren. Der Nervus trigeminus sendet über den trigeminohypothalamischen Traktus (THT) sensible, also non-nozizeptive aber auch nozizeptive Informationen über das obere Rückenmark (C1) und die untere Medulla oblongata in verschiedene Kerne des Hypothalamus. Über den retikulohypothalamischen Traktus (RHT) werden ebenfalls nozizeptive Informationen des Nervus trigeminus über die Formatio reticularis (lateral Abschnitt) in Richtung Hypothalamus verschaltet. Die Formatio reticularis bekommt sensorische Zuflüsse von vielen verschiedenen Arealen, reagiert aber am stärksten auf Stimuli, die über den Nervus trigeminus registriert werden.

### 2.5.3 Neuronale motorische Interaktionen zwischen KMS- und HWS-Region

Cairns et al. (1999) konnten durch Hemmung und Aktivierung des TMG an Ratten belegen, dass eine Injektion von Glutamat in das TMG auch lokal zu erhöhter Muskelaktivität im Musculus masseter und Musculus digastricus führt. Eine Zugabe von GABA (Gamma-Aminobuttersäure) hemmte diesen Effekt. Insofern können artikuläre sowie diskale Dysfunktionen des TMG ebenfalls zu einer Spannungszunahme des Musculus masseter sowie Musculus digastricus führen.

Yu et al. (1995) untersuchten 40 anästhesierte Ratten mittels elektromyographischer Messungen (EMG). Zur Fragestellung, ob die Aktivitäten der Kiefer- und Halsmuskeln mit Injektionen mittels dem entzündungsfördernden Senföl in die Region des temporomandibulären Gelenks (TMG) beeinflusst werden können. Die Injektion eines Mineralöles von 20 Mikroliter erzeugte keine wesentlichen Veränderungen in der EMG

Aktivität. Die Senfölinjektion (20 Mikroliter, 20%) hingegen rief Steigerungen der EMG Aktivität in der Kiefermuskulatur, jedoch nicht in den Halsmuskeln hervor.

Die Studie von Hu et al. (1993) untersuchte die EMG-Aktivität der Kiefer- und Halsmuskeln mittels Senfölinjektion im tiefen paraspinalen Gewebe um die C1-3 Region bei 19 anästhesierten Ratten. Die EMG-Aktivität wurde ipsilateral am Musculus digastricus, Musculus masseter und Musculus trapezius und bilateral an der tiefen Halsmuskulatur (Musculus rectus capitis posterior) aufgezeichnet. Im Vergleich zu Kontroll (Vehikel-) Injektionen löste die Senfölinjektion im tiefen paraspinalen Gewebe beträchtliche Steigerungen der EMG Aktivität in der Halsmuskulatur bei allen Tieren und in der Kiefermuskulatur bei der Mehrheit der Tiere aus.

Zusammenfassend wurde in Tierversuchen folgendes für die Bestätigung der zervikotrigeminalen Konvergenz gefunden:

- Entzündliche Veränderungen der tiefen Gewebeschichten im Kopfgelenkbereich führen zu erhöhter EMG-Aktivität insbesondere der lokalen Halswirbelsäulenmuskeln als auch in den kieferführenden Muskeln. (Hu et al., 1993).
- Entzündliche Veränderungen im Kiefergelenk führen zu erhöhter EMG- Aktivität der lokalen Muskulatur (Cairns et al., 1999; Yu et al., 1995), nicht aber in den zervikalen Muskeln (Yu et al., 1995).
- Entzündliche Veränderungen der tiefen paraspinalen Muskulatur und Haut im Kopfgelenksbereich führen zu einer Erregbarkeit der afferenten meningealen Neurone (Bartsch & Goadsby, 2002)
- Ebenso führen künstliche Inflammationen der trigeminal innervierten supratentoriellen Dura zu einer Sensibilisierung der trigeminal und hochzervikal innervierten Hinterhauptsregion. Hierbei kommt es auch zu einer Zunahme der Druckempfindlichkeit der tiefen paraspinalen Muskulatur (Bartsch & Goadsby, 2003).

- Weitere Verbindungen des Nervus trigeminus zum Hypothalamus bieten eine Erklärung für die vegetativen Begleiterscheinungen bei Schmerzen am Kauorgan (Malick et al. 2000). Malick (ebd.) weist ebenso Verbindungen des Nervus trigeminus über die Formatio reticularis zum Hypothalamus nach. Die Formatio reticularis reguliert unter anderem unseren Wachzustand, also auch das Maß unserer Aufmerksamkeit sowie die Reflexaktivität des Körpers. Die Formatio reticularis bekommt sensorische Zuflüsse aus vielen Arealen, allerdings reagiert sie am stärksten auf trigeminale Stimuli (Malick et al., 2000).

Eine Übersicht über die besprochenen Verbindungen des Nervus trigeminus ist dem folgenden Schema von Mohammadi (2004), Seite 38 zu entnehmen.

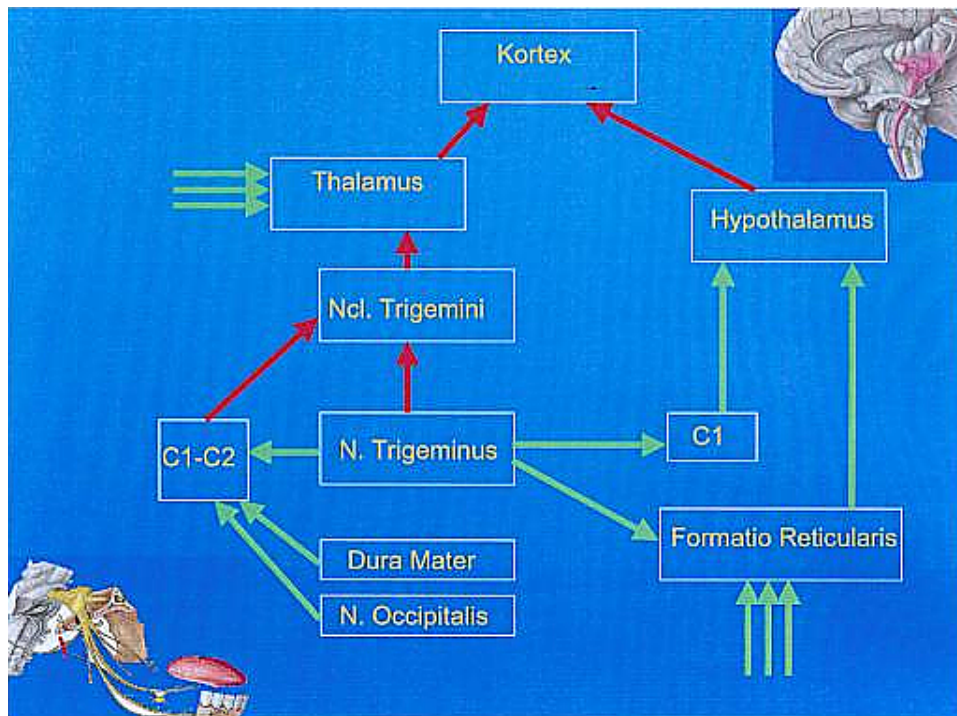


Abbildung 10: Der Nervus trigeminus: Vom Kauorgan zum Kortex (Mohammadi, 2004), entnommen aus Kursscript Cranio-Concept, p. 53

## 2.6 Die kranio-mandibuläre Dysfunktion

Die Terminologie von Dysfunktionen im KMS ist nicht einheitlich, was das Auswerten von Studien und deren Vergleichbarkeit erschwert. So wird für Dysfunktionen der Kopf-Kiefer-Halsregion im angloamerikanischen Raum der Begriff CMD (kranio-mandibuläre

Dysfunktion) ebenso wie TMD (Temporomandibular disorders) genutzt, im europäischen Raum hat sich hingegen der Begriff CMD durchgesetzt.

Die Nomenklatur „kranio-mandibuläre Dysfunktion“ (CMD) findet aktuell allgemeine Verwendung im orthopädischen, zahnärztlichen sowie kieferorthopädischen Sektor.

Es soll so zunächst der historische Hintergrund erörtert werden, die momentan gültige Definition der CMD vorgestellt werden sowie Studien, die das Symptombild der CMD untersuchen, aufgezeigt werden.

#### 2.6.1 Geschichte der CMD

Albert (1892) beschrieb in seiner Zeit, dass Publikationen über Entzündungen des Kiefergelenkes zu den größten Seltenheiten gehören. Er bemerkt weiterhin, dass Dysfunktionen des Kiefergelenkes an sich nicht so selten sind. Annandale (1887) beschrieb als Erster eine Dyskoordination von Kondylus und Diskus im Kiefergelenk. Bauer (1932) publizierte Anfang des letzten Jahrhunderts über Untersuchungen bei dem Krankheitsbild der „Osteoarthritis deformans“. Hierbei berücksichtigte er insbesondere die Veränderungen des Kiefergelenkes. Später wurde die regional eingegrenzte Sichtweise von Dysfunktionen des Kiefergelenkes erstmals durch den HNO-Arzt Costen (1934) verlassen. Er stellte den Zusammenhang von Veränderungen des Kiefergelenkes mit Auswirkungen auf die Peripherie dar. Er beschreibt Symptome wie Ohren- und Nasennebenhöhlenbeschwerden im Zusammenhang mit pathologischen Veränderungen des Kiefergelenkes. Diese Häufung von Symptomen wird teilweise immer noch als Costen-Syndrom (1934) bezeichnet. Bis in die 80er Jahre nahm somit das temporomandibuläre Gelenk (TMG) den größten Stellenwert in der Behandlung und somit auch in der Terminologie von Dysfunktionen (Temporomandibular Disorders, TMD) oder Pathologien der Kieferregion ein.

Diese regional eingegrenzte Sicht wurde gegen Ende der 80er Jahre mehr und mehr durch den Begriff der kranio-mandibulären Dysfunktion abgelöst (CMD). Dies geschah unter anderem durch ein in den 80er Jahren in den Vereinigten Staaten entstandenes Positionspapier, in dem der damalige Wissensstand zur Diagnose und Behandlung von CMD beschrieben wurde. Mitte der 80er Jahre wurde dieser durch eine Aktualisierung ersetzt (American Academy of Orofacial Pain Guidelines Committee - Edited by Okeson, McNeill, 1983). Diese Beschreibung hat sich daraufhin international durchgesetzt. Die gleichen Autoren publizierten in den USA später eine weitere Überarbeitung ihrer oben

genannten Publikation (Mc Neill, 1990) und führten dabei eine weitere Bezeichnung, die „Temporomandibular Disorders“ (TMD), ein (American Academy of Orofacial Pain Guidelines Committee - Edited by Okeson; Mc Neill, 1993). Dies führte zurück zu einer mehr regionalen Betrachtungsweise der temporomandibularen Region und ließ die funktionellen Zusammenhänge in Bezug auf Körperhaltung und Halswirbelsäulenfunktion (De Laat et al. 1998), (Fink et al. 2003), (Bjorne & Agerberg 2003) außer Acht. Somit sind TMD als Teilgebiet einer CMD zu sehen. Diese einseitig amerikanische Entscheidung wurde von vielen im kraniomandibulären Bereich Praktizierenden allerdings nicht mitgetragen. Dies führte wiederum zu einer Zweiteilung der Nomenklatur in CMD und TMD (Ahlers 2004). Beiden Begriffen gemeinsam ist allerdings die klare Betonung der Funktionseinbuße als Leitsymptom.

## 2.6.2 Definition und Diagnostik der CMD

Immer noch gibt es verschiedene Vorgehensweisen in der Definition, Diagnostik, Klassifikation und Therapie bei CMD. Um diese zu vereinheitlichen und die damit einhergehenden Qualitäts- und Kostenunterschiede zu verkleinern, wurden verschiedene Empfehlungen und Richtlinien entwickelt. So wurde 1988 durch die „International Headache Society’s Classification and Diagnostic Criteria for Headache Disorders, Cranial Neuralgias and Facial Pain“ in den USA für die kraniomandibuläre Dysfunktion folgende Definition festgelegt.

„Kopf- und Gesichtsschmerz verbunden mit Dysfunktionen von Schädel, Nacken, Augen, Ohren, Nase, Nasennebenhöhlen, Zähnen, Mund und anderen Gesichts- oder Schädelstrukturen.“

Diese Definition spiegelt bereits die beschriebene Multikausalität einer CMD wieder, berücksichtigt aber keine psychosozialen Faktoren. Zwei der weltweit wahrscheinlich gebräuchlichsten Diagnoserichtlinien sind zum einen die „Guidelines for Assessment, Diagnosis and Management of Orofacial Pain“ (McNeill 1993) der American Academy of Orofacial Pain (AAOP) sowie die von John et al. (2006) übersetzten „Research Diagnostic Criteria for TMD -German“ (RDC/TMD-G). Beide bieten den Vorteil, dass sie im Gegensatz zur oben beschriebenen Richtlinie so genannte zweiachsige Richtlinien sind. Damit berücksichtigen sie neben den physischen auch psychosoziale Faktoren. Die Vorteile der RDC/TMD-G stellen sich in sehr klaren Ein- und Ausschlusskriterien für die

häufigsten Diagnosen dar und darüber hinaus liefern diese ebenfalls präzise Angaben zur Untersuchungstechnik. Die Richtlinien der AAOP haben den Vorteil, dass sie für praktisch alle schmerzhaften und nicht schmerzhaften, angeborenen oder erworbenen kranio-mandibulären Dysfunktionen diagnostische Kriterien beschreiben. Für die vorliegende Arbeit soll im Weiteren auf den RDC/TMD-G näher eingegangen werden.

Um die Ursache einer CMD zu finden wird eine mehrschichtige Diagnostik durch den Untersucher benötigt (Ahlers, 2004). So stehen in erster Ebene Anamnese sowie Funktionsdiagnostik des KMS und kraniozervikalen Systems (KZS). Der Befund bestimmt, ob in zweiter Ebene erweiternde Verfahren wie Röntgen des Kiefergelenkes sowie wenn indiziert Magnet-resonanztomographie (MRT) indiziert sind. Anhand der Diagnostik lassen sich drei Untergruppen einer CMD unterscheiden: Die Myopathie, die Arthropathie sowie die Okklusopathie. In dritter Ebene erfolgt die eigentliche Eingrenzung der Art der Funktionsstörung, durch welche dann die Zuordnung zu adäquaten Therapieansätzen gegeben werden kann (ebd.). Die Komplexität der Diagnosefindung findet sich also ebenfalls im interdisziplinären Behandlungsansatz zwischen Zahnarzt und/oder Kieferorthopäde, Orthopäde, Psychologen sowie dem osteopathischen oder physiotherapeutischen Behandler wider.

In erster Ebene führen so zur Verdachtsdiagnose CMD (Kopp, Sebald & Plato 2000):

- Schmerz bei Bewegung/Belastung des KMS
- Funktionseinschränkung, veränderte Mundöffnung
- Empfindungsstörungen, Missempfindungen
- Geräusche bei Bewegung des KMS

Eine Reihe von Untersuchungen zu Funktionsstörungen im KMS sollen nachfolgend dargestellt werden.

### 2.6.3 Übersicht über Untersuchungen bei Funktionsstörungen im KMS.

In den folgenden vorgestellten Arbeiten liegt der Fokus auf den Relationen zwischen den Patientensymptomen zu den jeweiligen Funktionsstörungen. Dies ist für die vorliegende Arbeit von Interesse, da sich aufbauend auf den Kardinalsymptomen einer CMD (Kopp, Sebald & Plato 2000) die Ausschlusskriterien der vorliegenden Arbeit definieren.

Kopp et al. (2002) beschrieben in ihrer Arbeit bei Patienten/innen der Altersgruppe 15-19 Jahre Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System anhand der Symptome einer kranio-mandibulären Dysfunktion. Sie stellten dabei fest, dass jede/r zehnte Patient/in, der die Praxis neu aufsucht, dringend behandlungsbedürftige Symptome einer CMD aufwies. Die Untersucher kamen zu dem Schluss, dass sich Symptome der CMD als Zeichen einer funktionellen Erkrankung erklären lassen, wobei sowohl Störungen der Okklusion als auch des KMS untrennbar sind.

Choi et al. (2002) untersuchten Temporomandibular Disorders (TMD) an siebenundzwanzig 19-jährigen Probanden/innen per Fragebogen und klinischer Untersuchung. Ziel der Studie war es, die Prävalenz von drei Symptomen einer TMD aufzuzeigen. Als Symptome wurden gewertet:

- eingeschränkte Mundöffnung
- Schmerz während der Bewegung
- Schmerz in Ruhe

Einschlusskriterien waren Kopfschmerzen, Nackenschmerzen, projizierter Schmerz, Stress, alte TMG Verletzungen sowie Dislokationen, Bruxismus und Pressen. Eine signifikante Korrelation ( $\alpha = 0,05$ ) zeigte sich zwischen einer Diskusdislokation im TMG zur eingeschränkten Mundöffnung, zum Schmerz im TMG bei Bewegung und TMG Schmerzen in Ruhe dar. Zusammenfassend kommt Choi (ebd.) zu dem Schluss, dass Diskusverlagerungen der größte Risikofaktor für eine TMD sind. Traumata auf das KMS zogen häufig diskale Verletzungen nach sich. Die Autoren sahen die Befunde ‚eingeschränkte Mundöffnung‘ und ‚Schmerz bei Bewegung‘, am ehesten in Korrelation zu diskalen Veränderungen im KMS, Stress war in Relation zur eingeschränkten Mundöffnung zu betrachten.

Egermark et al. (2000) untersuchten 52 Patienten/innen mit Okklusionsstörungen, die sich einer orthodontischen Behandlung in Kombination mit orthognater Chirurgie, die eine Osteotomie bei einer Le Fort 1-Fraktur und/oder Sagittalbruch einbezog, unterzogen. Ungefähr fünf Jahre nach dem chirurgischen Eingriff wurden die Patienten/innen auf Symptome von temporomandibulären Störungen (TMD) untersucht. Das ästhetische

Ergebnis und die Kaufähigkeit waren bei den meisten Patienten (ca. 80%) besser geworden. Einige der Patienten/innen berichteten von periodisch auftretenden oder täglichen Kopfschmerzen vor der Behandlung. Bei der Nachuntersuchung hatten nur noch zwei Patienten/innen berichtet, dass sie ein bis zwei Mal die Woche unter Kopfschmerzen litten, während alle anderen weniger häufig unter Kopfschmerzen litten oder keine Kopfschmerzen mehr hatten.

Sonnesen et al. (1998) führten Untersuchungen an 104 Kindern mit Okklusionsstörungen durch. Die Studie untersuchte die Prävalenz der verschiedenen Merkmale von Okklusionsstörungen sowie Zusammenhänge zwischen Okklusionsstörungen sowie Symptomen und Zeichen von temporomandibulären Störungen. Merkmale von Okklusionsstörungen wurden bei der Auswahl der Probanden/innen mittels klinischer Untersuchung erfasst, Symptome und Zeichen einer TMD bei der Nachuntersuchung. Die im Vordergrund stehenden Befunde bei Störungen der Okklusion zeigten sich als distale Molarokklusion, Zahnengstand, extremer Überbiss sowie tiefer Biss. Bei den TMD-Symptomen dieser Okklusionsstörungen überwogen wöchentliche Kopfschmerzen, bei den TMD-Zeichen waren eine Druckempfindlichkeit in den Muskeln M. temporalis anterior, M. occipitalis, M. trapezius, M. masseter superficialis und M. masseter profundus vorherrschend. Die Autoren folgerten daraus, dass Kinder mit schweren Okklusionsstörungen ein höheres Risiko haben eine TMD zu entwickeln.

Egermark et al. (1990) führten eine Längsschnittstudie an 238 Kindern durch. Diese teilten sie in drei verschiedenen Altersgruppen (7, 11 und 15 Jahre) auf. Die Probanden/innen wurden über einen Zeitraum von vier bis fünf Jahren hinsichtlich ihrer morphologischen Okklusionsstörungen und bezüglich Zeichen und Symptomen funktioneller Störungen beobachtet. Einige der Probanden/innen hatten eine korrigierende kieferorthopädische Behandlung erhalten. Als sie mit den Probanden/innen ohne eine solche Behandlung verglichen wurden, zeigten sich keine Unterschiede in der Prävalenz von okklusalen Interferenzen. Ebenso gab es keine Zeichen und Symptomen von kranio-mandibulären Störungen. Die Zusammenhänge zwischen CMD und unterschiedlichen morphologischen Okklusionsstörungen wurden als gering gewertet. Allerdings sehen die Autoren einige Okklusionsstörungen schwerwiegender als andere. Über einen längeren Zeitraum konnten

Zusammenhänge zwischen unilateralem und bilateralem Kreuzbiss, vorderem offenem Biss, post- und pränormaler Okklusion mit der Entwicklung und CMD nachgewiesen werden.

Kirveskari et al. (1986, 1989, 1992) analysierten in prospektiven Studien wie sich die Beseitigung okklusaler Interferenzen auf subjektive und objektive Symptome von TMD auswirkt. Die Patientengruppe wurde randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt. In der einen Gruppe wurden die okklusalen Interferenzen eingeschliffen, die andere Gruppe erhielt "Plazebo-Einschleifmaßnahmen". Kirveskari et al. (ebd.) konnten belegen, dass durch Einschleifen der okklusalen Interferenzen eine Reduktion subjektiver sowie objektiver TMD-Befunde möglich war.

Kopp et al. (1989) beschrieben einen Zusammenhang zwischen Kopfschmerz und CMD, der von Plato & Kopp (1999) bestätigt und auf Befunde wie Tinnitus, Schwindel, etc. erweitert wurde. Ebenso konnte Peroz (2003) in einer Arbeit an 40 Patienten/innen mit Tinnitus und 35 Kontrollpersonen statistisch signifikant ( $\alpha 0,05$ ) nachweisen, dass bei Tinnituspatienten/innen häufiger eine myogene Dysfunktion des Kauorgans anzutreffen ist. Dies bestätigte sich allerdings nicht für eine arthrogen bedingte CMD.

Insgesamt lässt sich also durch die oben aufgeführten Untersuchungen zeigen, dass das Krankheitsbild CMD zu komplexen multiplen Symptomen führen kann.

Zusammenfassend kann Folgendes festgehalten werden: Die Leitsymptome einer CMD sind Schmerz bei Bewegung, Funktionseinschränkung des KMS, Empfindungsstörungen und Geräuschempfindungen. Weitere Symptome wie Kopfschmerz, Schwindel und Tinnitus sind im Zusammenhang mit CMD bestätigt.

## **2.7 Pathophysiologie der KMS-, der oberen HWS- und LBH-Region beim Menschen**

In den nun zitierten Studien sollen die im theoretischen Teil aufgeführten Zusammenhänge zwischen KMS- und HWS- sowie LBH-Region unter Zuhilfenahme der Pathophysiologie zusätzlich belegt werden.

De Laat et al. (1998) beschrieben in ihrer Arbeit den Zusammenhang zwischen segmentalen Hypomobilitäten der Halswirbelsäule und einer kranio-mandibulären Dysfunktion. Es wurden 31 Patienten/innen mit einer CMD und 30 Kontrollpatienten/innen untersucht. Die Untersuchung umfasste eine standardisierte klinische Untersuchung des mastikatorischen Systems (des Kauapparates) bezogen auf Bewegungsumfang der Mandibula, Funktionsbefund des TMG und Schmerzen im TMG sowie mastikatorischer Muskulatur. Danach erfolgte die Untersuchung der HWS auf segmentale Hypomobilitäten (insbesondere C0-3), „Tenderpoints“ (insbesondere im Musculus sternocleidomastoideus und Musculus trapezius), Hyperalgesie sowie Hypermobilität. Die Ergebnisse zeigten, dass segmentale Einschränkungen sowie „Tenderpoints“, insbesondere im Gebiet C0-3 bei den CMD Patienten/innen, signifikant häufiger auftraten als in der Kontrollgruppe.

Ferrario et al. (2003) störten bei 30 gesunden Probanden/innen mit einer 200-Mikrometer hohen künstlichen Interferenz die Okklusion. Sie positionierten die Interferenz abwechselnd auf den Zähnen 16, 13, 23, 26 und zeichneten die EMG-Aktivität des M. sternocleidomastoideus (M.SCM) unter maximalem Biß auf. Sie belegten, dass ein vorher symmetrisches Pattern des M.SCM durch die Okklusionsstörung asymmetrisch wurde.

Fink et al. (2003) induzierten an 20 gesunden Studenten/innen eine artifizielle okklusale Störung mittels einer Zinnfolie von 0,9 mm links und untersuchten vor, während und nach der experimentell verursachten Malokklusion die obere HWS (C0-3) sowie das sakroiliakale Gelenk (SIG). Während der künstlich induzierten Malokklusion fanden sich statistisch signifikante funktionelle Änderungen im Sinne von manualmedizinisch getesteten Hypomobilitäten an der oberen HWS- und SIG-Region.

Klemm (2009) untersuchte 20 gesunde Sportlerinnen verblindet im Cross-over Design. Klemm störte die Okklusion artifiziell mit einer 0,75 mm dicken Zinnfolie, rechts zwischen Molar und Prämolare. Gemessen wurde das Bewegungsausmaß der oberen Halswirbelsäule mittels Ultraschalltopometrie (Zebris CMS 70P). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Bewegungsauslenkung der oberen Halswirbelsäule.

In einer weiteren Arbeit untersuchten Fink et al. (2002) 30 Patienten/innen mit einer Diskusverlagerung des TMG, die keine Symptome in der Nackenregion hatten, und verglich diese mit 30 gleich alten, gesunden Probanden/innen. Beide Gruppen wurden untersucherblind kontrolliert und klinisch auf Gelenksdysfunktionen und Tonusänderungen der KMS- und HWS-Region untersucht. In der Patientengruppe wurden signifikant mehr asymptomatische Gelenksdysfunktionen sowie Tonusänderungen insbesondere der oberen HWS gefunden.

Bjorne & Agerberg (2003) zeigten die Zusammenhänge von (TMD) und „cervical spine dysfunction“ (CSD) an Patienten/innen mit einem Morbus Menière. Es wurden über drei Jahre 31 Patienten/innen mit Morbus Menière auf Zusammenhänge in Relation zur TMD untersucht. Von dieser Gruppe ließen sich 24 Patienten/innen zusätzlich auf CSD in Relation zu Morbus Menière untersuchen. Alle Patienten/innen wurden mittels Fragebogen und Visueller Analog Skala (VAS) alle 6 Monate untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Häufung von CSD sowie TMD bei Patienten/innen mit Morbus Menière. Die Arbeiten von Bjorne & Agerberg (ebd.) bestätigen die Wechselwirkungen von KMS, oberer HWS-Region sowie Morbus Meniere.

Schupp (2009) untersuchte 11 Probanden/innen mittels manualmedizinischer Tests (PAT, „Leg turn in“ und variable Beinlängendifferenz in Rückenlage) bei einer einseitigen Störung der Okklusion mit einer Zinnfolie von jeweils 0,6 mm und 0,9 mm. Schupp konnte belegen, dass eine Störung von 0,9 mm den PAT als auch den „Leg turn in“ signifikant verändert.

Pedroni, de Oliveira & Bérzin (2005) konnten in ihrer Arbeit an 22 TMD-Patienten/innen mit Bewegungsverlust in mindestens einem der drei oberen Halswirbel durch Manipulation eine kurzfristige

- signifikante Reduktion von Schmerzen
- Verbesserung des Bewegungsausmaßes der HWS in Rotation und Seitneigung im Vergleich zur Kontrollgruppe belegen.

Hülse & Losert-Bruggner (2002) untersuchten 20 Probanden/innen mit funktionellen Kopfgelenksstörungen anhand des PAT. Nach manualmedizinischer Deblockierung verbesserte sich dieser signifikant um 15 °. Durch Stören der Okklusion mit zwei Streifen Maschinenpapier konnte ex aequo der Ausgangsbefund und somit eine Verschlechterung des PAT reproduziert werden.

Brenner (2006) untersuchte bei 32 Patienten/innen mit TMD die Hüftabduktion mittels Patrick-Kubis-Test. In ihrer Untersuchung konnte sie keine signifikanten Korrelationen zwischen TMD und eingeschränkter Hüftabduktion darstellen.

Zusammenfassend ergeben sich aus dem oben Aufgeführten:

- Patienten/innen mit einer Dysfunktion im KMS oder einer okklusalen Störung zeigen klinisch mehr Funktionsstörungen der oberen Halswirbelsäule bei erhöhter Schmerzempfindlichkeit der Region.
- Patienten/innen mit Dysfunktionen im KMS zeigen eine erhöhte Spannung des Musculus trapezius und des Musculus sternocleidomastoideus sowie der subokzipitalen Region C0-3.
- Aus einer einseitigen Okklusionsstörung mit einer Mindesthöhe von 0,9 mm resultiert eine funktionelle Einschränkung des PAT sowie der funktionellen Beinlänge, ebenso finden sich vermehrt Dysfunktionen des sakroiliakalen Gelenks.
- Bei manualmedizinischer Intervention der Kopfgelenke bei bestehender Dysfunktion verbessert sich der PAT um mindestens 15°, durch eine Störung der Okklusion verschlechtert sich der PAT im gleichen Rahmen.

Es ließen sich allerdings keine Daten über die Qualität und Quantität der Einschränkung des Bewegungsausmaßes der HWS finden.

## **2.8 Biomechanische und posturale Zusammenhänge von KZS, KMS und der LBH-Region**

Die im Folgenden beschriebenen Studien neueren Datums weisen auf posturale Zusammenhänge hin. So stehen Positionsänderungen der HWS und des Unterkiefers mit einer veränderten Unterkieferposition im Zusammenhang:

Sonnesen et al. (2001) zeigten hierzu an 96 Kindern im Alter von 7-13 Jahren die Relationen zwischen kraniofaszialen Abmessungen, Kopfhaltung, der Bisskraft sowie von TMD-Symptomen und -Zeichen auf. Symptome und Zeichen einer TMD wurden mittels 37 Fragen beschrieben. Als einen Punkt in ihrer Arbeit beschrieben Sonnesen et al. (ebd.), dass eine TMD in Zusammenhang mit einer Vorwärtshaltung der oberen HWS sowie einem zunehmenden kraniozervikalen Winkel zu sehen ist, wobei zwischen den Proportionen des kindlichen Gesichts und TMD kein Zusammenhang gesehen wurde. Diese Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von Stiesch-Scholz & Fink (2004), in denen Positionsänderung des kraniozervikalen Systems im Zusammenhang mit einer TMD (oder CMD, der Autor) korrelieren.

Die Frage, ob Positionsänderungen der Mandibula auch die Kopf-Hals-Region beeinflussen können, konnte Zafar (2000) ebenfalls im Rahmen einer Studie positiv beantworten. Mittels dreidimensionaler optoelektronischer Messung der Mandibulabewegungen und simultan gemessenen Kopf-Hals-Bewegungen bei Mundöffnung und Mundschließung ließen sich bei gesunden Probanden/innen Zusammenhänge in dem Bewegungsmuster der Mandibula sowie der Kopf-Hals-Region darstellen. Zafar (ebd.) schloss daraus, dass es eine funktionelle Verbindung zwischen der temporomandibularen und der kraniozervikalen Region gibt.

Eriksson et al. (2000) wiesen ebenfalls funktionelle Zusammenhänge in der Kopf-, Hals- und Unterkieferregion an zwölf gesunden Probanden/innen nach. Gemessen wurden die Bewegungen mittels einem kabellosen optoelektronischen System für 3D-Bewegungen an den unteren und oberen Schneidezähnen. Die Ergebnisse zeigten, dass rhythmische Bewegungen der Mandibula parallel zu Kopfbewegungen verliefen. Die initiale

Veränderung der Kopfposition in Kopfextension konnte am Anfang eines Bewegungszyklus des Kiefers beobachtet werden und wurde während der folgenden Kieferbewegungen beibehalten. Zusätzlich wurden bei maximaler Mundöffnung und – schliessung parallele Extensions und Flexionsbewegungen des Kopfes, insbesondere beim Start der Bewegungen, beobachtet.

Cuccia & Caradonna (2009) untersuchten in ihrer systematischen Übersichtsarbeit, ob Zusammenhänge zwischen dem stomatognathen System und der Körperhaltung bestehen. Aufgrund der neuroanatomischen und myofaszialen Zusammenhänge, bestätigten sie Korrelationen zwischen dem stomatognathen System und der Körperhaltung. Trotz der bestätigten Zusammenhänge gibt es weiterhin wenig hochwertige und damit Aussagekräftige Literatur. Auch verweisen sie auf klinische Studien, in denen keine Zusammenhänge belegt werden konnten.

Michelotti et al. (2006) verglich Haltungsanpassungen von 26 Patienten/innen mit einem unilateralen posterioren Kreuzbiss mit gleichaltrigen gesunden Probanden/innen mittels stabilometrischer Plattform. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zur Fußbelastung als auch zur Körperschwankung aufgezeigt werden.

Abschließend für den empirischen Teil kann somit Folgendes aus der aufgeführten Literatur zusammengefasst werden:

- Es besteht ein Einfluss der oberen HWS auf das KMS und vice versa vom KMS auf die HWS-Region.
- Nonnozizeptive als auch nozizeptive Afferenzen aus trigeminal versorgten Regionen können zu projiziertem Schmerz in die Gesichtsregion und/oder oberen Nackenregion führen. Vice versa können Nonnozizeptive als auch Nozizeptive Afferenzen aus der oberen HWS zu projiziertem Schmerz in die Gesichtsregion und/oder oberen Nacken-region führen.
- Künstliche Provokationen oder Veränderungen der subokzipitalen Muskulatur ziehen eine Spannungszunahme der mastikatorischen Muskulatur nach sich. Dies lässt sich im Tierversuch und am Menschen belegen.

- Vice versa lässt sich durch eine Störung in der KMS-Region am Menschen eine Spannungserhöhung unter anderem subokzipital belegen. Dies findet sich im Tierversuch nicht.
- Es besteht ein Einfluss des KZS sowie KMS auf die LBH-Region. Dies zeigt sich in einer Zunahme von Dysfunktionen des SIG sowie einer Abnahme der Hüftbeweglichkeit.
- Es bestehen geschlechtsspezifische sowie altersabhängige Unterschiede in der Beweglichkeit der HWS.
- Änderungen der Okklusion und dessen posturaler Einfluss auf die Körperperipherie werden kontrovers diskutiert.

Als Erklärungsmodell weist die embryologische Entwicklung auf die Bezüge zwischen KMS und HWS hin, die sich am Erwachsenen über enge topographische, neurologische, funktionell- muskuläre und fasziale sowie biomechanische Bezüge darstellen lassen. Zusätzlich wurde belegt, dass Pathologien des KMS oder der HWS-Region sich wechselseitig beeinflussen.

In dieser Arbeit soll unter weitmöglichstem Ausschluss von kieferorthopädischen sowie orthopädischen Funktionsstörungen der KMS-, HWS- sowie LBH-Region eine

- ultraschallgekoppelte dreidimensionale Bewegungsuntersuchung der Halswirbelsäule
- standardisierte manualmedizinisch- osteopathische Untersuchung von HWS und Hüfte durchgeführt werden. Diese umfasst positionelle Tests, eine Bewegungsuntersuchung und Palpation von Tonus und testen der Empfindlichkeit.

## **2.9 Ziel der vorliegenden Untersuchung und eigene Hypothesen**

Die Studie hat zum Ziel, den Nachweis zu erbringen, ob eine künstliche, einseitig induzierte, kurzfristige Störung der Okklusion von einem Millimeter die Beweglichkeit der Halswirbelsäule und der Hüfte vermindert. Die hier untersuchte Fragestellung also ist, ob durch die Störung der Okklusion

- eine Verminderung der Halswirbelsäulenrotation (RoM\_Rot)
- eine Verminderung der Hüftaußenrotation in 90° Hüftflexion (PAT)
- eine segmentale Bewegungseinschränkung der oberen Halswirbelsäule (C<sub>0-2</sub>) erfolgt.

Weiterhin soll im Rahmen der Studie nach Hinweisen gesucht werden, ob eine einseitige Störung der Okklusion von einem Millimeter zu einer für die Probandinnen subjektiv wahrnehmbaren Spannungszunahme im Kiefer-Nacken-Bereich führt. Mittels Likert-Skala sollen die Probandinnen per Fragebogen ihre Einschätzung abgeben. Durch die Studie sollen biomechanische Zusammenhänge zwischen KZS und KMS und LBH-Region weiter gefestigt werden. Die oben genannte Fragestellung erfordert eine Messung der Halswirbelsäulen- und Hüftbeweglichkeit unter der Bedingung, dass eine Metalleinlage auf der rechten, hinteren, unteren Zahnreihe den korrekten Zahnschluss verhindert (UV: Metalleinlage eingelegt/nicht eingelegt). Zur Messung der Daten wird:

- eine ultraschallgekoppelte dreidimensionale Bewegungsvermessung der oberen Halswirbelsäule vorgenommen. Die drei dabei erhobenen abhängigen Variablen (AV) sind ein Gradmaß. Gemessen werden die Bewegungsauslenkungen der oberen Halswirbelsäule nach rechts und links, also die Rotation nach rechts (AV<sub>1</sub>: RoM\_Rot\_re) und die Rotation nach links (AV<sub>2</sub>: RoM\_Rot\_li). Das Rotationsausmaß (AV<sub>3</sub>: RoM\_Rot\_sum) beschreibt das komplette Bewegungsausmaß, errechnet aus der Summe von RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_li.
- eine standardisierte manuelle Bewegungsvermessung der Hüftabduktion mittels Goniometer. Die drei hierbei erhobenen abhängigen Variablen (AV) sind ebenfalls Gradmaße. Gemessen werden die Bewegungsauslenkungen der Hüftabduktion in 90° Hüftflexion (PAT) nach rechts und links, genauer PAT nach rechts (AV<sub>1</sub>: PAT\_re), sowie PAT nach links (AV<sub>2</sub>: PAT\_li) und die Summe beider als (AV<sub>3</sub>: PAT\_sum).
- eine standardisierte segmentale manuelle Bewegungsuntersuchung der oberen Halswirbelsäule. Die hierfür erhobenen abhängigen Variablen (AV) sind ordinalskaliert. Getestet wird, ob eine spezifische Dysfunktion im Rahmen eines Atlashifts besteht. Eine Bewegungseinschränkung (Dysfunktion) wird definiert als (AV: Atlashift\_1), besteht keine Dysfunktion gilt (AV: Atlashift\_0).

Aus den oben aufgeführten Hypothesen sowie den Operationalisierungen der Variablen werden im folgenden die statistischen Vorhersagen abgeleitet. Aus diesen werden die statistischen Hypothesen festgelegt (Hager/ Spies & Heise 2006).

### **Statistische Vorhersage:**

#### **Halswirbelsäule, Ultraschalltopometrie**

1.  $\text{RoM\_Rot\_li}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{RoM\_Rot\_li}_{\text{ mit Beeinflussung }}$
2.  $\text{RoM\_Rot\_re}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{RoM\_Rot\_re}_{\text{ mit Beeinflussung }}$
3.  $\text{RoM\_Rot\_sum}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{RoM\_Rot\_sum}_{\text{ mit Beeinflussung }}$

#### **Hüfte, Goniometermessung**

4.  $\text{PAT\_li}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{PAT\_li}_{\text{ mit Beeinflussung }}$
5.  $\text{PAT\_re}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{PAT\_re}_{\text{ mit Beeinflussung }}$
6.  $\text{PAT\_sum}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{PAT\_sum}_{\text{ mit Beeinflussung }}$

#### **Obere HWS, Osteopathische Untersuchung**

7.  $\text{Atlasshift}_{\text{ ohne Beeinflussung }} \leq \text{Atlasshift}_{\text{ mit Beeinflussung }}$

## Statistische Hypothesen:

### Halswirbelsäule, Ultraschalltopometrie:

$$\begin{aligned} H_{0,1}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_li ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{RoM\_Rot\_li mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,1}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_li ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{RoM\_Rot\_li mit Beeinflussung}} \\ \\ H_{0,2}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_re ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{RoM\_Rot\_re mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,2}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_re ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{RoM\_Rot\_re mit Beeinflussung}} \\ \\ H_{0,3}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_sum ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{RoM\_Rot\_sum mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,3}: \mu_{\text{RoM\_Rot\_sum ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{RoM\_Rot\_sum mit Beeinflussung}} \end{aligned}$$

### Hüfte, Goniometermessung:

$$\begin{aligned} H_{0,4}: \mu_{\text{PAT\_li ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{PAT\_li mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,4}: \mu_{\text{PAT\_li ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{PAT\_li mit Beeinflussung}} \\ \\ H_{0,5}: \mu_{\text{PAT\_re ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{PAT\_re mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,5}: \mu_{\text{PAT\_re ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{PAT\_re mit Beeinflussung}} \\ \\ H_{0,6}: \mu_{\text{PAT\_sum ohne Beeinflussung}} &\leq \mu_{\text{PAT\_sum mit Beeinflussung}} \\ \wedge H_{1,6}: \mu_{\text{PAT\_sum ohne Beeinflussung}} &> \mu_{\text{PAT\_sum mit Beeinflussung}} \end{aligned}$$

### Halswirbelsäule, Osteopathische Untersuchung:

$$\begin{aligned} H_{0,7}: \mu_{\text{Atlasshift ohne Beeinfl.}} &\geq \mu_{\text{Atlasshift mit Beeinfl.}} \\ \wedge H_{1,7}: \mu_{\text{Atlasshift ohne Beeinfl.}} &< \mu_{\text{Atlasshift mit Beeinfl.}} \end{aligned}$$

### **3. Material/Methode**

Die Messungen der Studie wurden vom 20.11.-12.12.2010 multizentrisch an drei Orten (Dresden, Bad Lauterberg und Holzminden) zeitversetzt durchgeführt. Sämtliche Messungen fanden zwischen 8.00- 20.00 unter möglichst vergleichbaren Konditionen an allen Tagen statt.

Der Aufbau des Kapitels Material/Methode gliedert sich in vier Abschnitte. Im Ersten sollen zuerst die Ausschlusskriterien für die Studie begründet werden. Der hieraus resultierende Fragebogen A (RDC/TMD-G, Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders-German) wird im zweiten Abschnitt besprochen ebenso wie der für die Untersuchung verwendeten Erhebungsbogen B. Mittels diesem wird die benötigte klinische Untersuchung der KMS-, HWS-, und Lenden-Becken-Hüft-Region untersucht. Zuletzt der Fragebogen C, in welchem die Probandinnen subjektiv Items zum Spannungsempfinden bei einer Okklusionsstörung geben sollen. Im dritten Abschnitt soll anhand der Einschlusskriterien die Stichprobe definiert und vorgestellt werden. Der vierte Abschnitt beschreibt den Testaufbau, im Anschluss folgt die Beschreibung der Messabläufe.

#### **3.1 Definieren der Ausschlusskriterien**

Die Ausschlusskriterien für die vorliegende Arbeit sollen für den Ausschluss von Probandinnen mit Dysfunktionen des Kopf-/Kiefer-/Halsbereiches aus der Studie sorgen. Konkret wurden also Probandinnen mit folgenden Symptomen von der Studie ausgeschlossen:

- Pathologien des KMS/KZS
- Funktionseinschränkungen der KMS- und HWS-Region
- das Auftreten von folgenden Symptomen im KMS (nach Kopp, Sebald & Plato 2000), durch die der Verdacht auf eine CMD entsteht:
  - Schmerz bei Bewegung/Belastung des KMS
  - Funktionseinschränkung, Mundöffnung unter 40 mm
  - Empfindungsstörungen, Missempfindungen
  - Geräusche bei Bewegung des KMS
- Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden

- Traumata der HWS-/Kopf-/Kieferregion innerhalb der letzten 30 Tage
- Probanden/innen mit einer Operation im Kopf-Kiefergebiet innerhalb der letzten 30 Tage
- Probanden/innen mit Schwindel oder Tinnitus
- Pathologien der LBH-Region

Pathologien oder Funktionsstörungen der HWS- und KMS-Region wurden einerseits über Röntgenbilder (wenn bestehende Bilder vorhanden waren) ausgeschlossen.

Da eine Strahlenbelastung durch Röntgen besteht, die bei gesunden Probandinnen nicht zu rechtfertigen ist, wurde alternativ das KMS bei allen Probandinnen klinisch mittels standardisiertem und validiertem Fragebogen, dem RDC/TMD-G, untersucht.

Darüber hinaus wurde bei allen Probandinnen eine Kontrollmessung (Baseline) der HWS-Beweglichkeit mit dem CMS 10 (CMS 10, Fa. Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Deutschland) durchgeführt. Probandinnen unterhalb der vom Hersteller angegebenen Normwerte wurden ausgeschlossen. Die Normwerte werden durch Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht von der Software des Messprogramms ermittelt (siehe Winspine 2.2.x, Firma Zebris, nach Studien von (Youdas et al. 1992), (Trott et al. 1996), (Dvorak et al. 1992), (Natalis & König 1999), (Feipel et al. 1999) und (Lantz et al. 1999).

Aus einer Stichprobe von 85 Probandinnen wurden 39 Probandinnen durch die Ausschlusskriterien von der Studie ausgeschlossen. Somit verblieben 46 gesunde Probandinnen für die vorliegende Studie.

### **3.2 Stichprobe**

Insgesamt nahmen 46 Probandinnen an der Studie teil. Aus Geschlechts- und Altersspezifischen Bewegungsunterschieden wurden ausschließlich weibliche Probandinnen von elf bis 46 Jahren untersucht. Die Probandinnen waren ausschließlich europäischer Abstammung, bewegungsspezifische ethnische Unterschiede bestanden somit nicht. Alle unterschrieben eine Einverständniserklärung und wurden über den Ablauf der Studie aufgeklärt. Es wurde ausdrücklich vermieden, mit den Probandinnen über einen eventuell bestehenden Einfluss der einseitigen Bissserhöhung durch die eingesetzte Metalleinlage in Bezug auf die Beweglichkeit der HWS oder LBH-Region zu sprechen. Dies hätte zu einer Ergebnisverfälschung bei den Probandenurteilen zur subjektiven Wahrnehmung von

Spannungszunahme oder –abnahme führen können. Die Probandinnen blieben über diesen Teilaspekt der Studie im Unklaren.

Alle 46 Teilnehmerinnen der Studie rekrutierten sich aus den Berufen/Sportgruppen Osteopathie, Physiotherapie sowie aus dem Clip-dance-Tanzsport. Clip-Dance ist eine Form von Formationstanz, in dem schnelle Bewegungsabläufe mit hohem koordinativen Anspruch, teilweise in extremen Stellungen der Gelenke meist zu einer schnellen Form von Musik (Pop/Rap/Hiphop) getanzt werden. Man sieht diese Gruppentanzform oft als Hintergrund in Musikvideos. Clip-Dancer sollten in der Regel somit ebenso wie Osteopathen und Physiotherapeuten über ein überdurchschnittliches Koordinations- und Bewegungsgefühl verfügen. Christensen & Nilson (1998) beschrieben zum Thema HWS-Bewegungsvermessungen Messunterschiede in der HWS-Beweglichkeit von 12° - 20° als normal. Sie erklärten die Messfehler einerseits durch die hohe Beweglichkeit der HWS und andererseits durch Ausweichbewegungen der Probanden/innen, welche zu den Messfehlern führten. Für die vorliegende Arbeit erfolgten aus diesem Grund die ultraschallgestützten Messungen an der HWS mit dreifach wiederholten Bewegungsabläufen und einer Mittelwertsbildung aus den Messwerten. Durch die zusätzliche Probandenselektion, welche eine überdurchschnittliche visuelle Auffassung von neuen Bewegungsabläufen und deren Koordinierung aufwiesen, sollte eine Reduzierung von Ausweichbewegungen bei den Messabläufen erzielt werden.

Insgesamt sollten sich durch den gewählten Messablauf und die Probandenselektion auch kleinere Bewegungsunterschiede messtechnisch darstellen lassen.

Eine Probandin hatte im Verlauf der Studie einen akuten Infekt. Dieser wurde vermerkt, führte aber nicht zum Ausschluss.

### **3.3 Fragebogen und klinische Untersuchung der KMS-Region**

Für die Studie wurden zwei Erhebungsbögen und ein Fragebogen eingesetzt. Ein Erhebungsbogen mit klinischer Untersuchung des KMS, ein Erhebungsbogen mit klinischer Untersuchung der HWS- und LBH-Region und ein Fragebogen, um eine subjektive Einschätzung über die Auswirkung der Okklusionsstörung zu erheben. Diese wurden als

Erhebungsbogen A & B, sowie Fragebogen C klassifiziert und werden im Folgenden vorgestellt.

### 3.3.1 Erhebungsbogen A, RDC/TMD-G: Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders –German

Der RDC/TMD-G (John et al. 2006) ist zweiachsig aufgebaut und erfüllte die Anforderungen als Basisuntersuchung bei CMD (John et al, 2006). In der ersten Achse wurden die diagnostischen Kriterien (Anamnese, soziodemographische Daten, klinische Funktionsuntersuchung des KMS) erfasst. In der zweiten Achse sollte der Grad der Einschränkung/Behinderung sowie der psychologische Einfluss auf bestehende Funktionsstörungen im KMS des Patienten erfasst werden. Dies geschah mittels der „Graded chronic pain scale“ und der „Distress scale items“. Der RDC/TMD-G ist international das am weitesten verbreitete Standardmessinstrument für CMD (John et al, 2006).

### 3.3.2 Erhebungsbogen B: Klinische Untersuchung der HWS und LBH-Region.

Für den ersten Teil des Erhebungsbogen B wurden einerseits Tonus und Empfindlichkeit der Muskulatur des KMS-, HWS- und LBH-Region bestimmt. Der zweite Teil beinhaltete eine standardisierte osteopathische Mobilitätsuntersuchung der HWS sowie des Sakrums und drei standardisierte Tests zur LBH-Region.

### 3.3.3 Fragebogen C: Probandenbefragung zu subjektivem Spannungsempfinden

Mittels fünf Items (siehe Anhang F) sollten die Probanden/innen, welche in Untersuchungsbedingungen eine artifizielle Okklusionsstörung bekamen nach Durchführung aller Messläufe subjektiv angeben, ob:

- a. die Metalleinlage die Beweglichkeit der HWS beeinflusst
- b. die Metalleinlage die Spannung im Kiefer- oder oberen Nackenbereich verändert

Hierbei sollte die gemessene Spannung mit einem Probandenurteil verglichen werden, um die objektiven Bewegungsmesswerte mit dem subjektiven Empfinden von Spannungszu- oder -abnahme zu korrelieren. Konkret wurden die Probanden/innen mittels der Likert-Scale von 0-3 nach ihren subjektiven Einschätzungen gefragt. Mittels fünf vorgegebener Aussagen sollten die Probanden auf einer Skalierung von stimmt nicht (0), stimmt eher nicht (1), stimmt eher (2) und stimmt (3) ihre Einschätzung abgeben. Ziel hiervon ist, diese Daten später dem Ergebnis der Bewegungsvermessung deskriptiv gegenüberzustellen.

### 3.4 Testaufbau und Messabläufe

Im kommenden Abschnitt soll zuerst der Testaufbau und damit die Stichprobenaufteilung sowie die Beeinflussung der Okklusion und danach der Ablauf der Messungen besprochen werden. Ein Flussdiagramm stellt den kompletten Testaufbau in chronologischer Abfolge zur besseren Übersicht dar (siehe Flussdiagramm 1, Seite 60). Im letzten Teil wird dann ein einzelner Messlauf detailliert dargestellt.

#### 3.4.1 Testaufbau

Das für die vorliegende Arbeit gewählte Studiendesign sah eine multizentrische, randomisierte, kontrollierte klinische Studie mit doppelter Verblindung vor. Bei einer kontrollierten klinischen Studie wurden zwei Patientengruppen gebildet, wobei jede Gruppe nach einer vorausgehenden Baselinemessung nur eine Versuchsbedingung durchlief: Gruppe A als Versuchsbedingung *Control* (C) ohne Okklusionsstörung, sowie Gruppe B die Versuchsbedingung *Treatment* (T) mit Okklusionsstörung. Probleme der Analyse lagen lediglich in der Vergleichbarkeit der Gruppen sowie bei einer Messwiederholung. Damit verbunden waren der so genannte Periodeneffekt und der „Carry-over-Effekt“. Ein Periodeneffekt entsteht z.B. durch einen kalenderzeitlichen Zusammenhang der Messung zu einer Änderung des Messergebnisses. Der so genannte „Carry-over-Effekt“ besteht, wenn die erste Behandlung eine Wirkung auf die zweite besitzt. Diesem Problem wurde durch eine „Wash-out-Periode“ zwischen zwei Behandlungsperioden entgegengewirkt. Der Versuchsablauf wurde doppelblind gestaltet, um unerwünschte Wechselwirkungen zwischen Probandinnen und Testleiter auszuschließen. Die Randomisierung der Probandinnen wurde per Briefwahl durch einen unabhängigen Studienkoordinator vorgenommen, welcher die Probandinnen ihrer Gruppe A (n= 20) oder B (n=26) Versuchspersonen zugeteilt hat.

Die Störung der Okklusion wurde durch eine einseitig angebrachte Metallfolie mit einer Höhe von 1.0 mm induziert. Hierbei wurde eine Zinnfolie, wie sie für die Erstellung von Zahnabdrücken genutzt wird, verwendet. Die Metallfolie wurde rechts zwischen dem ersten Molar und Prämolaren durch den Biss des Probanden fixiert. Im Versuchsablauf wurde die Einflussnahme mit der Metalleinlage als *Treatment* (T) bezeichnet, eine Kontrollmessung erfolgte ohne Metall und wurde als *Control* (C) bezeichnet.

Jede Gruppe durchlief zwei Messabläufe, unterbrochen durch eine „Wash-out-Periode“ zur Vermeidung des „Carry-over“- und des Periodeneffektes (Cotton, 1989):

1. Baselinemessung. Hier wurden die Ausgangsdaten der abhängigen Variablen (RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re, RoM\_Rot\_sum, sowie PAT\_re, PAT\_li, PAT\_sum sowie Atlasshift\_0 und Atlasshift\_1) der Probandinnen erfasst.
2. Messung in Untersuchungsbedingungen

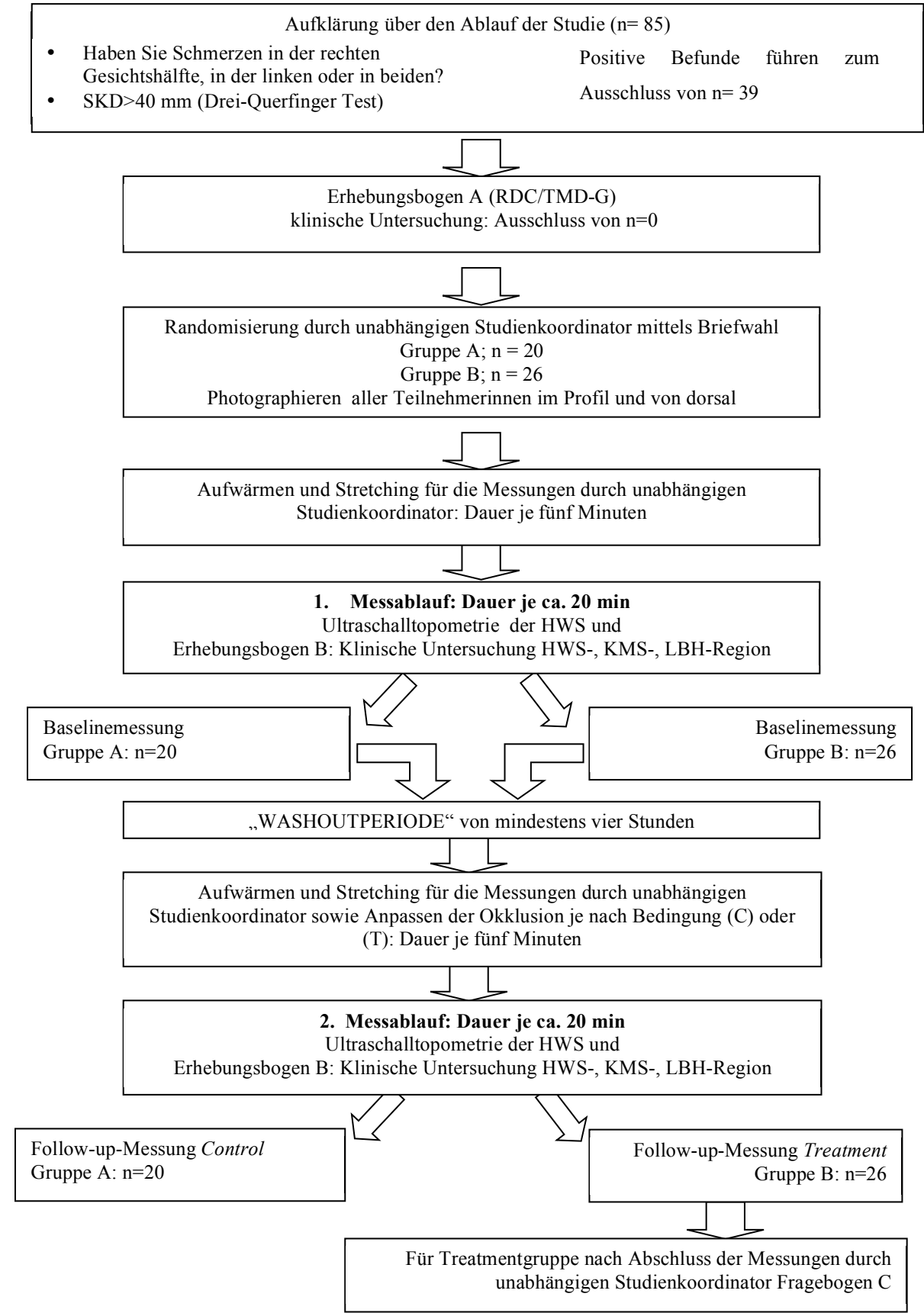
Für die Gruppe A erfolgte nachstehender Messablauf:

- Messung unter Kontrollbedingung

Für die Gruppe B erstellt sich folgender Messablauf:

- Messung unter Treatmentbedingung

Flussdiagramm 1: Chronologische Darstellung des kompletten Versuchsaufbaus mittels Flussdiagramm



### 3.4.2 Beschreibung eines einzelnen Messverlaufs

Nachdem ein Überblick über den Studienablauf gegeben wurde, soll jetzt ein einzelner Messlauf dargestellt werden. Dieser unterteilte sich in folgende zwei Schritte: Zum Einen in eine standardisierte Einweisung und abhängig von der Gruppenzugehörigkeit, die Anpassung der Metallfolie. Danach erfolgte das Aufwärmen der Probandin (siehe Anhang H). Zum Anderen die standardisierte Instruktion der Probandin über die Bewegungsabläufe der Ultraschalltopometrie, der Bewegungsuntersuchung von HWS und LBH-Region sowie der Palpation der Muskulatur (siehe Anhang I).

#### 3.4.2.1 Einweisung, Anpassen der Metallfolie, Aufwärmen

Bei der Einweisung wurde die Probandin gebeten, keinen verbalen Kontakt zum Versuchsleiter aufzunehmen. Danach wurde die Probandin von dem Studienkoordinator in einen Raum I gebeten. Der Versuchsleiter befand sich derweil in Raum II, um den verbalen Kontakt zum Studienkoordinator zu unterbinden. Damit konnte die Verblindung bezüglich der Versuchsbedingung des Versuchsleiters gewährleistet werden.

Die Basismessungen (*Baseline*), die Messungen unter Kontrollbedingungen (*Control*) sowie die Messungen in Untersuchungsbedingungen (*Treatment*) wurden vom Ablauf identisch ausgeführt. Einzige Unterschiede waren, dass in der *Baseline* kein gehaltener Biss und keine Störung der Okklusion, während *Control* ein gehaltener Biss, aber keine Störung der Okklusion erfolgte.

Im weiteren wird das Procedere für einen Messlauf mit Anpassen der Metallfolie (*Treatment*) aufgeführt. Im Raum I nahm der Studienkoordinator gegebenenfalls die Anpassung der Metallfolie vor. Die Folie wurde rechts auf der unteren Zahnreihe zwischen Prämolaren und erstem Molaren anmodelliert und deren Sitz kontrolliert. Anschließend wurde die Probandin gebeten maximal einmal zuzubeißen, um die Zinnplatte anzuformen. Dann wurde sie gebeten, den Biss so zu halten, als ob sie ein Stück Apfel durchbeißen würde und diese Spannung möglichst konstant beizubehalten. Nun erfolgte ein standardisiertes Aufwärmprogramm mit dem Ziel, den Körper an die gegebenenfalls veränderte Okklusion neurologisch sowie muskulär anzupassen (die genaue Instruktion ist im Anhang H aufgeführt). Die Dauer dieser Phase betrug ca. fünf Minuten. Vor jedem Messlauf und unter jeder Versuchsbedingung wurde dieses Aufwärm-Anpassungsprogramm durchgeführt, so dass in jeder Bedingung vergleichbare Konditionen gegeben waren. Zusätzlich durften sich die Probandinnen eine Stunde vor den Messungen sportlich nicht betätigen.

Nun wurde die Probandin vom Studienkoordinator in den Raum der Bewegungsanalyse (Raum II) geführt und dort in die Hände des Versuchsleiters übergeben. Dort wurde die Bewegungsvermessung der HWS durch das CMS 10 bei einer Raumtemperatur von 23° Celsius vorgenommen, danach folgte die klinische Untersuchung von HWS-, KMS- und LBH-Region nach Erhebungsbogen B.

#### 3.4.2.2 Durchführung einer Bewegungsanalyse der HWS

Für die Beweglichkeitsuntersuchung der HWS wurde das ultraschallgekoppelte Messsystem der Firma Zebris (Zebris CMS 10) verwendet. Der Messvorgang an der HWS wurde von dem Versuchsleiter und Autor der Studie durchgeführt, der über mehrere Jahre Erfahrung im Umgang mit dem Gerät verfügte. Im Folgenden soll zunächst die Messvorbereitung, die Hardware des CMS 10 vorgestellt und besprochen werden. Die Software und das Ergebnisprotokoll werden im Anschluss besprochen.



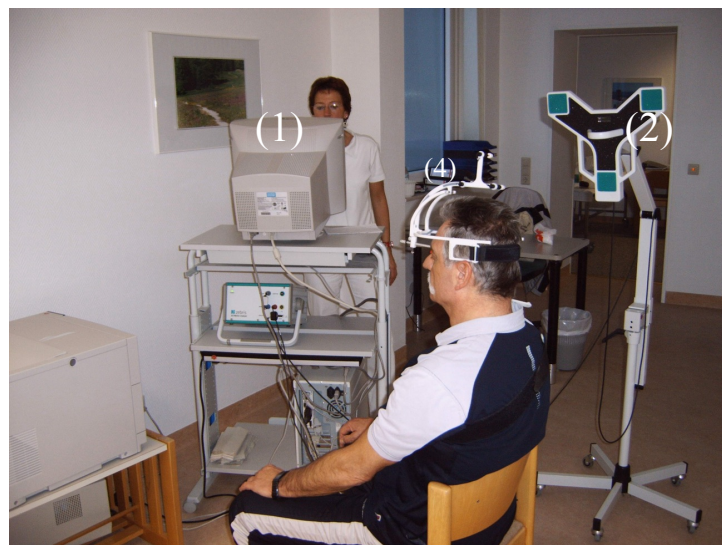
**Abbildung 11: Darstellung der Untersuchungssituation mit einer männlichen Testperson**

##### 3.4.2.2.1 Messvorbereitungen

Die Probandin wurde gebeten auf einem Stuhl mit Rückenlehne (siehe Abbildung 12, S.63) ohne Armlehnen Platz zu nehmen. Sämtliche Probandinnen trugen zur Vermessung sportliche, flexible Kleidung, die eine freie Beweglichkeit insbesondere der HWS-Schulterregion garantierte. Bei der Probandin wurde auf eine aufrechte Sitzhaltung geachtet. Die Füße hatten vollen Sohlenkontakt mit dem Boden mit einer Außenrotation von ca. 15°. Die Hüften befanden sich in circa 30° horizontaler Abduktion. Die Fersen standen im Lot der Kniegelenke. Die Hände wurden entspannt in Supinationsstellung auf den Oberschenkeln abgelegt. Besonderer Wert wurde auf eine neutrale Position der oberen Brustwirbelsäule gelegt.

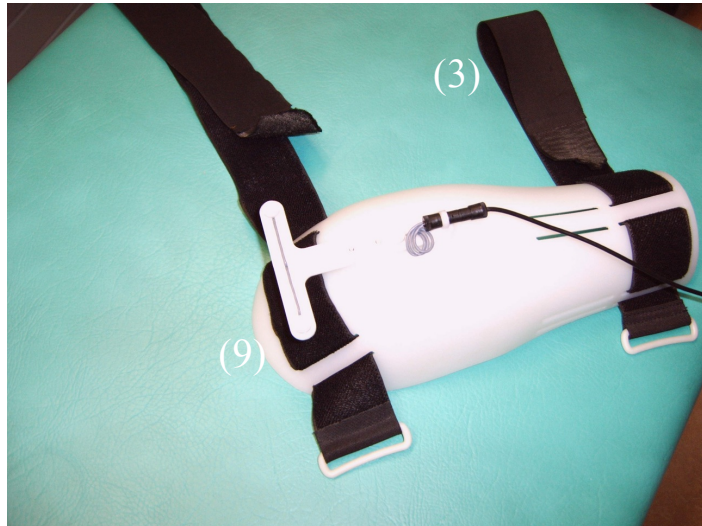
#### 3.4.2.2.2 Hardware des CMS 10

Die Hardware (PC mit Messwert-Erfassungssystem, (1), siehe Abbildung 12, S. 63) war rechts von der Probandin in einer Entfernung von ca. 2 Metern stationiert. Der Monitor wurde von der Probandin abgewandt, um eine visuelle Ablenkung auszuschließen. Die Mikrofoneinheit (Messaufnehmer (2), siehe Abbildung 13, S. 64) stand ebenfalls rechts von der Probandin in einer Entfernung von 0,8-1 Meter. Zur Untersuchung der HWS wurde der Messaufnehmer über Kopfhöhe der Probandin gebracht. Der Winkel der Linie Messaufnehmer zum Kopf der Probandin betrug  $0^{\circ}$  -  $10^{\circ}$ .

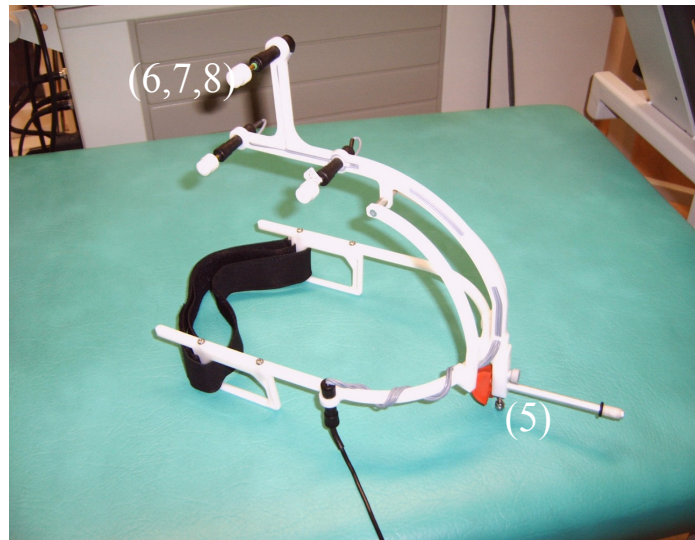


**Abbildung 12: Hardware mit Messwert-Erfassungssystem (1), Mikrofoneinheit (2) und Kopfhalterung (4)**

Die Schulterkappe ((3), siehe Abbildung 13, S. 64) mit den Referenz-Dreifachmarkern wurde am rechten Oberarm der Probandin aufgesetzt. Die Kappe wurde mittels eines kurzen Klettbandes im unteren Drittel des Oberarmes fixiert und danach mit einem langen Band am Oberkörper.



**Abbildung 13: Schulterkappe (3) mit Referenz-Dreifachmarkern (9)**



**Abbildung 14: Kopfhalterung mit den Referenz-Dreifachmarkern (6, 7, 8) und Nasensteg (5)**

Die Referenz-Dreifachmarker (6, 7, 8, siehe Abbildung 14, S. 64) wurden mittels einer Kopfhalterung (siehe Abbildung 14, S.64) am Kopf der Probandin fixiert. Die spezielle Kopfhalterung erlaubte bei allen Probandinnen eine gleichartige und reproduzierbare Fixation am Kopf. Die Bügel der Kopfhalterung sollten hierbei auf den Ohren aufliegen. Anterior wurde die Kopfhalterung mittels des Nasenstegs (5, siehe Abbildung 14, S.64) mit leichtem Druck auf dem Nasion fixiert.

Die Referenz-Dreifachmarker (6, 7 & 8, siehe Abbildung 15, S.71) hielten alle Bewegungen des Kopfes dreidimensional im Raum fest und gaben die Signale an die Messaufnehmer (2, siehe Abbildung 13, S.63) weiter. Ausweichbewegungen der oberen Extremität wurden über Referenzmarker der Schulterkappe (9, siehe Abbildung 14, S.64) erfasst.

Durch die Untersuchung mit Dreifachmarkern war es möglich, Informationen über alle Freiheitsgrade der Beweglichkeit, das Bewegungsverhalten sowie eine Analyse von Ausweich- bzw. gekoppelten Bewegungen der Halswirbelsäule zu erhalten.

#### 3.4.2.2.3 Versuchsablauf am CMS 10

Der Versuchsleiter stand bei allen Messungen seitlich rechts der Probandin am PC. Die Probandin wurde dann nochmals dazu aufgefordert, eine aufrechte Position einzunehmen und während des Messablaufes unter den Versuchsbedingungen *Control* und *Treatment* die Zähne mit leichtem Biss geschlossen zu halten. Dann bekam die Probandin den bevorstehenden Bewegungsablauf auditiv und visuell demonstriert. Mittels integrierter Libelle in der Kopfhalterung wurde auf die Ausgangsstellung der Probandin in Nullstellung geachtet, welche dann durch den PC gespeichert wurde. Diese Kalibrierung diente den ersten drei Messungen (Flexion/Extension, Rotation rechts/links, Lateralflexion rechts/links) als neutrale Position. Die Probandin wurde danach standardisiert aufgefordert, aktiv nacheinander zuerst dreimal endgradig zu flektieren und extendieren, danach nach rechts und links zu rotieren, desgleichen bei der Lateralflexion. Die Probandin sollte dabei alle Bewegungen möglichst gleichmäßig durchführen.

Nun erfolgte die Messung der Rotation in maximaler Anteflexion zur Differenzierung der Beweglichkeit der oberen HWS. Hierbei wurde der Kopf der Probandin in endgradige Flexion (Anteflexion) gebracht. Vor Durchführung der Messung der Rotationsbewegungen in maximaler Ante- und danach auch in Retroflexion konnte es notwendig werden, den Messaufnehmer nach vorne oder hinten anzugleichen, um einen optimalen Empfang der Dreifachmarker zu gewährleisten. Diese Veränderung führte zu einer erneuten Kalibrierung der entsprechenden Messwerte.

Als letzte Messung wurde nun die Rotation in maximaler Extension (Retroflexion) zur Differenzierung der unteren HWS-Beweglichkeit festgehalten. Der Ablauf glich der Messung bei Rotation in maximaler Flexion.

Bei allen Messungen wurden durch einen Warnton ein nicht ausreichender Messbereich oder ein verdeckter Marker signalisiert. Ebenso zeigten die Messaufnehmer in der Echtzeitdarstellung der Bewegung visuell einen Kontaktverlust an. So konnte ein Messfehler

sofort durch eine Wiederholung der Messung korrigiert werden. Ebenso führten Ausweichbewegungen der Probandin zur Wiederholung des Messablaufes.

Dieser Versuchsablauf der Messungen wurde von Dvir et al. (2000) für Messungen der HWS empfohlen und wurde insofern in dieser Studie verwendet (siehe auch Studie von Hugger et al., 1999).

Mit der Software wurden Bewegungsausmaß sowie die Winkelgeschwindigkeit der Bewegungen aufgezeichnet. Der Mittelwert der Messungen wurde im Diagramm festgehalten und diente als Grundlage der Auswertung.

#### 3.4.2.2.4 Verwendete Software

Das Programm Winspine 2.2.x der Firma Zebris (Fa. Zebris, Manual, 2000) erlaubte Echtzeitmessungen von Bewegungsveränderungen auf der Basis von Windows. Es wurden dafür die vom Hersteller des Programms empfohlenen Einstellungen des Messsystems für die Messrate, die Neigung des Messaufnehmers und die Skalierung der Messkurven übernommen. Die Eichung des Messaufnehmers erfolgte über die integrierten Libelle, die vorab die waagerechte Position des Kopfes des Jeweiligen ermittelte.

Die Normwerte für die Vermessungsvariablen des Programms entstammten aus den Arbeiten von (Youdas et al. 1992), (Trott et al. 1996), (Dvorak et al. 1992), (Feipel et al. 1999) und (Lantz et al. 1999) und dienen der Software als Referenzwerte. Messsystem und Messmethodik erfüllten die Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität. Die 3D-Beweglichkeitsanalyse, wie sie das verwendete Zebris-Messsystem darstellte, zeigten eine hohe Reliabilität und eine hohe Validität (Gracovetsky et al. 1998), (Bulgheroni et al. 1998), (Smolenski et al. 1998), (Schreiber et al. 1997). Eine Aussage zur Testgüte der Bewegungsfunktionsuntersuchung konnte in der durchgesehenen Literatur nicht gefunden werden.

Um eine Bewegungsvermessung der HWS durchzuführen, wurde die ‚Triple Cervical Messung‘ gewählt (Fa. Zebris, 2000). Das Programm gab eine dreifache Messungswiederholung vor (ebd.), um die Messfehler der Bewegungsvermessung zu minimieren, indem dann von diesen die Mittelwerte gebildet wurden.

Um die vorgenommenen Messungen an den durch die Normwerten des Programms relativieren zu können, wurden dem Programm von jeder Probandin ‚Alter‘, ‚Größe‘, ‚Gewicht‘ und ‚Geschlecht‘ übermittelt.

Für jede Probandin legte das Programm einen eindeutig zuzuordnenden Datensatz über die Messungen an. Über diese Messungen wurde ein Ergebnisprotokoll angelegt. Das Protokoll gab die Bewegungsauslenkung in Grad (Ante-/Retroflexion, Axialrotation, Lateralflexion, Rotation in max. Anteflexion und Rotation in max. Retroflexion) und die Geschwindigkeit der Bewegung in m/sec an. Hieraus wurden vom Programm Mittelwerte, Maximalwerte für die Geschwindigkeiten und Auslenkungen berechnet. Zusätzlich dazu gab das Programm Hinweise auf die Bewegungskoordination der Probandin sowie auf bestehende Probleme der HWS durch nicht lineares Abbremsen gegen Bewegungsende an. Die Bewegungsauslenkungen der beiden Probandengruppen wurden tabellarisch gegenübergestellt. Auslenkungen außerhalb der Normwerte wurden dabei vom Programm gekennzeichnet.

#### 3.4.2.2.5 Klinische Untersuchung von HWS-, KMS- und LBH-Region

Mittels des Erhebungsogens B wurden einerseits standardisiert Tonus und Empfindlichkeit von definierten Muskeln der HWS-, KMS- und LBH-Region palpiert und erhoben. Im zweiten Teil folgte eine standardisierte Osteopathische Mobilitätsuntersuchung der HWS sowie des Sakrums und drei standardisierte Tests zur LBH-Region.

Der Druck bei Palpation der KMS, HWS- und LBH-Muskulatur wurde standardisiert bei 450 Gramm intraoral, 900 Gramm bei extraoraler Palpation gehalten. Der Untersucher eichte sich dreimal mittels Briefwaage vor jedem Messlauf. Die Vorgaben für die Palpation richten sich nach dem RDC-TMD-G.

Da für die Verblindung der Untersucher und die Probandin nicht verbal kommunizieren durften, wurde für die Skalierung der Empfindlichkeit eine einfache Likert-Skala von null bis drei verwendet. Die Probandinnen gaben durch anzeigen der Hand auf Beckenhöhe (= 1), auf Schulterhöhe (=2) und über Schulterhöhe (=3) den Grad der Empfindlichkeit an. Bestand keine Empfindlichkeit, wurde dies per Kopfschütteln (=0) signalisiert.

Zur Skalierung:

- Null= keine Empfindlichkeit, keine unangenehme Sensation.
- Eins= es bestand eine leichte Empfindlichkeit.

- Zwei= es bestand eine mittlere Empfindlichkeit.
- Drei= es bestand eine deutliche Empfindlichkeit.

Unabhängig davon wurde der Tonus der Muskulatur ( siehe Tabelle 4, S. 69) vom Untersucher als Normoton (=0), geringfügig erhöht (=1) und deutlich erhöht (=2) protokolliert. Die Palpation der KMS, HWS- und LBH- Muskulatur ist in der Tabelle 4, Seite 69 dargestellt. Der Parameter Tonus wurde folgendermaßen quantifiziert:

- Null= normoton, kein Unterschied im Seitenvergleich und zum umliegenden Gewebe.
- Eins= geringfügig hyperten, es bestand ein Unterschied im Seitenvergleich und zum umliegenden Gewebe.
- Zwei= deutlich hyperten, es bestand ein deutlicher Unterschied im Seitenvergleich und zum umliegenden Gewebe.

**Tabelle 4: Übersicht der standardisiert durchgeführten Muskelpalpation**

| <b>Muskel</b>                          | <b>ASTE Pat.</b> | <b>Palpation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>M. masseter</b>                     | Sitz             | Siehe Vorgabe RDC/TMD-G                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>M. temporalis</b>                   | Sitz             | Siehe Vorgabe RDC/TMD-G                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Subokzipitale Region C0-1</b>       | Sitz             | Osteopath (O.) steht seitwärts auf Schulterhöhe, eine Hand fixiert den Kopf der Probandin (P.) Ausgehend vom Occiput erfolgt die Palpation Richtung Massa laterales rechts und links mit D1 und D2. Es erfolgt eine dreimalig wiederholte Palpation im Wechsel, die bei allen weiteren Palpationen gleich durchgeführt wurde. |
| <b>Suboccipitale Region C1-2</b>       | Sitz             | Siehe Vorgehen Segment C0-1, von dort ausgehend ein Segment tiefer.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>M. sternocleidomastoideus (SCM)</b> | Sitz             | O. steht hinter der P., umfasst bilateral den Muskelbauch von kranial nach kaudal mit D1-3.                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>M. trapezius, P. asc.</b>           | Sitz             | Wie bei SCM, hier wurde nur lokal der transversal verlaufende Muskelbauch getastet.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>M. scalenus ant.</b>                | Sitz             | O. steht hinter der P. Ausgehend von der hinteren Insertio des SCM erfolgt die Palpation mit D2-3 in Richtung 1. Rippe auf den unteren Muskelbauch.                                                                                                                                                                           |
| <b>Prävertebrale Region C0-1</b>       | Sitz             | O. steht seitlich der P. Eine Hand stützt den Kopf der P. Ausgehend vom unteren Kieferwinkel erfolgt die Palpation nach dorsokraniomedial. Meist unter Entspannung der Weichteile durch Kopfflexion und homolateraler Seitneige, wenn notwendig, dann seitengleich.                                                           |
| <b>M. quadratus lumborum</b>           | Rückenlage       | O. steht auf Beckenhöhe, palpiert bilateral mit D3-4 die Spitze der 12. Rippe. Kaudal von dort erfolgt die Palpation nach medial.                                                                                                                                                                                             |
| <b>M. piriformis</b>                   | Rückenlage       | O. palpiert den unteren äußeren Winkel des Sakrums. Von dort Palpation nach kranial/ventral/medial                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>M. psoas</b>                        | Rückenlage       | P. stellt Beine in 70° Hüftflex auf. O. palpiert ausgehend vom M. iliacus nach dorsomedial bis der Psoas zu tasten ist. Per gedachter Hüftflexion (des P.) kontrolliert der O. seine Palpation. Danach erfolgt die Palpation.                                                                                                 |
| <b>M. coccygeus</b>                    | Rückenlage       | O. palpiert den unteren äußeren Winkel des Sakrums. Von dort Palpation nach mediokaudal und ventral.                                                                                                                                                                                                                          |

Die passive segmentale Untersuchung der Halswirbelsäule umfasste eine standardisierte Reihenfolge von Tests. Ziel dieser Testserie war es, ein eingeschränktes Segment zu finden und zu evaluieren, ob eine Fazette des Segmentes nicht öffnen oder schließen kann und eine Einschätzung der Qualität dieser Bewegungseinschränkung- *restriktiv* oder *blockiert*.

Der Oszillationstest diente zum Evaluieren des betroffenen Segmentes. Danach folgte die Palpation der Fazetten sowie der periartikulären Strukturen. Tonus und Empfindlichkeit der Fazette und periartikulären Strukturen wurden wie oben beschrieben erfasst. Auf Höhe des betroffenen Segments palpierter der Untersucher fazettennah mit dem MIP oder PIP von D2. Danach brachte der Untersucher die HWS in Tendenz Flexion und testete aus dieser Position über Rotation heterolateral, ob die Fazette öffnet. Hiernach brachte der Untersucher die HWS in Tendenz Extension und testete hieraus über eine Lateralflexion ob die Fazette schließt. Testparameter waren das RoM (Symmetrie im rechts-links Vergleich und vergleichend zu den anderen Niveaus) sowie das Endgefühl am Ende der Bewegung. Hier wurde ein zäh-elastisches Endgefühl, wie es bei *restriktivem* Gewebe vorkommt, von einem harten oder festen Endgefühl, wie es bei einer *Blockade* vorkommt, differenziert. Die Messergebnisse wurden folgendermaßen quantifiziert:

- Null = keine Dysfunktion, freie Beweglichkeit, seitengleich.
- Eins = Bewegungseinschränkung, weiches Endgefühl, eingeschränkte, Beweglichkeit des Gelenkes in mindestens eine Richtung (*restriktiv*).
- Zwei = Bewegungsverlust, hartes Endgefühl, Bewegungsverlust des Gelenke in mindestens eine Richtung (*blockiert*).

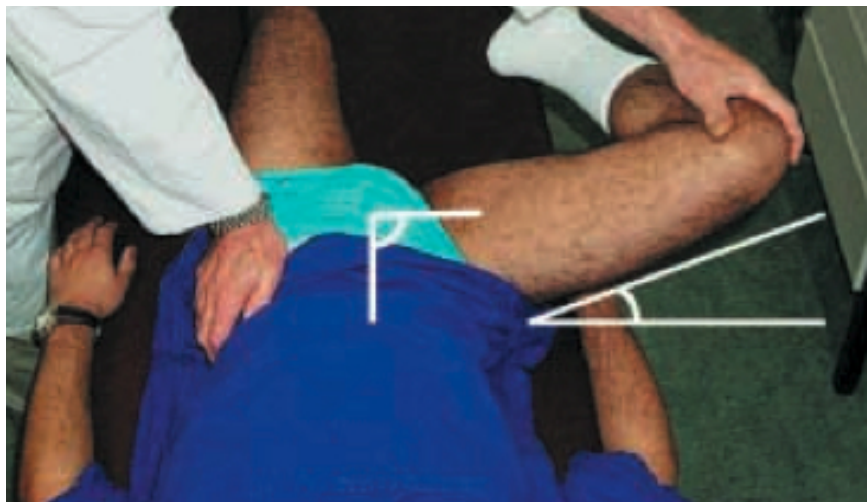
Die Parameter Tonus und Empfindlichkeit wurden wie oben bei ‚Muskulatur‘ quantifiziert.

Ebenso wie an der HWS wurde die sakroiliakale Beweglichkeit mittels einer Testfolge untersucht.

Diese umfasste die Palpation der dorsalen Kapselanteile des SIG auf Tonus und Empfindlichkeit, ebenso wie oben beschrieben. Positionsbestimmung der Sakrumbasis war auf Höhe S1. Notiert wurde, wenn eine Asymmetrie vorhanden war, die Seite der Posteriorität. Als Bewegungsuntersuchung wurde für das SIG der Seitneigetest im Sitzen durchgeführt. Bewertet wurde, ob sich die Sakrumbasis bei Seitneigung mit extendierter Wirbelsäule auf der homolateralen Seite nach ventrokaudal bewegt, vice versa bei

Seitneigung in Wirbelsäulenflexion homolateral posteriorisiert. Die Messergebnisse der Bewegungsuntersuchung wurden ebenso wie an der HWS quantifiziert.

Die weiteren Testverfahren zur Hüftregion sind ausführlich in der Arbeit von Schupp (2009) beschrieben und wurden nach diesen Vorgaben durchgeführt. Es handelte sich hierbei um die Tests „Leg Turn in“, „Hüftinnenrotation in 90° Hüftflexion“ sowie den „PAT“ (Priener Abduktions Test, ein modifizierter Patrick-Kubis-Test). Beim „Leg Turn in“ und der Hüftinnenrotation in 90° Flexion wurde das Endgefühl als *restriktiv* oder *blockiert* sowie das Bewegungsausmaß im rechts-links Vergleich bewertet. Die Quantifizierung der Messwerte erfolgte wie oben an HWS und SIG beschrieben. Beim PAT wurde der Winkel zwischen Therapiebank und lateralem Patellarand auf Höhe der Spina iliaca anterior in 90° Hüftflexion mittels Goniometer gemessen und quantifiziert. Die Durchführung für den PAT richtet sich nach den Empfehlungen von Hülse & Losert-Bruggner (2002), siehe Abbildung 15, Seite 71.



**Abbildung 15 : Durchführung des PAT aus Hülse & Losert-Bruggner (2002)**

## **4. Versuchsergebnisse und Interpretation**

In diesem Teil der Arbeit werden die Versuchsergebnisse der Studie dargestellt. Dabei werden zunächst die von den Probandinnen erhobenen anthropometrischen Daten deskriptiv dargestellt und mit Normwerten aus der Population verglichen, um die Repräsentanz und ebenfalls die Verteilung der Stichprobe zu kontrollieren. Danach erfolgt der Vergleich der Messdaten in Bezug auf die Homogenität der Gruppen. Hiernach werden die Rohwerte und die Gruppenscores der Bewegungsmessdaten der Baselinemessungen der HWS- und LBH-Region dargestellt. Im Weiteren erfolgt die statistische Auswertung bezüglich Ultraschalltopometrie der HWS, PAT sowie der Bewegungsuntersuchung der HWS. Abschließend werden die Ergebnisse aus dem Fragebogen C der Probandenbefragung zur subjektiven Einschätzung deskriptiv aufgeführt und den objektiven Daten gegenübergestellt.

### **4.1 Die Anthropometrischen Daten**

Die 46 Probandinnen, ausnahmslos weiblich, waren im Mittel 21 Jahre alt (12-45 Jahre) bei einer durchschnittlichen Größe von 165,8 cm (142-180 cm). Die Normgröße betrug 168 cm für 18 – 20-Jährige nach den Angaben des Statistischen Bundesamtes, Deutschland (Mikrozensus 1999, Netzpublikation). Der durchschnittliche „Body Mass Index“ der Stichprobe betrug 21,3 (17-25) und lag damit in der üblichen Norm von 21 (ebd.). Dies bestätigte sich ebenfalls für die erhobenen anthropometrischen Daten der 46 Probandinnen.

### **4.2 Intergruppenvergleich der Anthropometrischen Daten**

Für die Betrachtung der Verteilung wurde mittels Bootstrap-Verfahren die unbekannte Verteilung der Prüfstatistik (Gewicht\_kg, Größe\_cm, BMI) geschätzt. Das Bootstrap-Verfahren ist eine statistische Methode, mit der sich ein Konfidenzintervall mithilfe von Computersimulation auch ohne vorherige Spezifizierung der Verteilung aufstellen lässt. Mittels dem Levene-Test als Parametrischer Test wurde danach die Gleichheit der Varianzen in den Gruppen geprüft. Zuletzt wurde per Bootstrap-Verfahren für unabhängige Stichproben getestet, ob sich die Gruppen bezüglich Gewicht, Größe und BMI unterscheiden.

Tabelle 5: Intergruppenvergleich der demographischen Daten

| Gruppen    |                   |                                    | Bootstrap <sup>a</sup> |                     |                              |                 |
|------------|-------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------|
|            |                   | Statistik                          | Verzerrung             | Standard-<br>fehler | b) 95%<br>Konfidenzintervall |                 |
|            |                   |                                    |                        |                     | Untere                       | Obere           |
| Gewicht_KG | GruppeB           | N                                  | 26                     |                     |                              |                 |
|            | (Treatment)       |                                    |                        |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 59,42                  | ,01                 | 2,80                         | 53,52 65,12     |
|            |                   | Standardabweichung                 | 14,470                 | -,434               | 1,969                        | 9,997 17,569    |
|            |                   | Standardfehler des<br>Mittelwertes | 2,838                  |                     |                              |                 |
|            | GruppeA (Control) | N                                  | 20                     |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 58,55                  | -,06                | 2,24                         | 54,29 62,79     |
|            |                   | Standardabweichung                 | 10,272                 | -,436               | 1,535                        | 6,769 12,600    |
| Größe_cm   | GruppeB           | N                                  | 26                     |                     |                              |                 |
|            | (Treatment)       |                                    |                        |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 165,35                 | ,01                 | 1,64                         | 161,84 168,37   |
|            |                   | Standardabweichung                 | 8,457                  | -,312               | 1,561                        | 4,946 11,019    |
|            |                   | Standardfehler des<br>Mittelwertes | 1,658                  |                     |                              |                 |
|            | GruppeA (Control) | N                                  | 20                     |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 166,30                 | -,03                | 1,21                         | 164,06 168,74   |
|            |                   | Standardabweichung                 | 5,723                  | -,202               | ,849                         | 3,810 7,174     |
| BMI        | GruppeB           | N                                  | 26                     |                     |                              |                 |
|            | (Treatment)       |                                    |                        |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 21,4650                | ,0022               | ,7888                        | 19,9180 23,0527 |
|            |                   | Standardabweichung                 | 4,10135                | -,12435             | ,59551                       | 2,80916 5,11057 |
|            |                   | Standardfehler des<br>Mittelwertes | ,80434                 |                     |                              |                 |
|            | GruppeA (Control) | N                                  | 20                     |                     |                              |                 |
|            |                   | Mittelwert                         | 21,1132                | -,0143              | ,6862                        | 19,7684 22,4749 |
|            |                   | Standardabweichung                 | 3,12541                | -,12079             | ,36040                       | 2,22496 3,65796 |
|            |                   | Standardfehler des<br>Mittelwertes | ,69886                 |                     |                              |                 |

a. Wenn nicht weiter aufgeführt, basieren die Bootstrap Ergebnisse auf einer Stichprobe von 1000 Proben.  
b. Test bei unabhängigen Stichproben

Tabelle 6: Levene-Test auf Varianzhomogenität

|            |                             | Levene-Test der Varianzgleichheit |             | T-Test für die Mittelwertgleichheit |        |                 |                    |                                |                                      |         |
|------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------------|--------|-----------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------|
|            |                             | F                                 | Signifikanz | T                                   | df     | Sig. (2-seitig) | Mittlere Differenz | Standard -fehler der Differenz | 95% Konfidenzintervall der Differenz |         |
|            |                             |                                   |             |                                     |        |                 |                    |                                | Untere                               | Obere   |
| Gewicht_KG | Varianzen sind gleich       | 1,856                             | ,180        | ,229                                | 44     | ,820            | ,873               | 3,815                          | -6,816                               | 8,562   |
|            | Varianzen sind nicht gleich |                                   |             | ,239                                | 43,769 | ,812            | ,873               | 3,651                          | -6,486                               | 8,232   |
| Größe_cm   | Varianzen sind gleich       | 1,464                             | ,233        | -,433                               | 44     | ,667            | -,954              | 2,201                          | -5,390                               | 3,482   |
|            | Varianzen sind nicht gleich |                                   |             | -,455                               | 43,391 | ,651            | -,954              | 2,095                          | -5,177                               | 3,270   |
| BMI        | Varianzen sind gleich       | ,673                              | ,416        | ,319                                | 44     | ,751            | ,35189             | 1,10390                        | -1,87289                             | 2,57666 |
|            | Varianzen sind nicht gleich |                                   |             | ,330                                | 44,000 | ,743            | ,35189             | 1,06554                        | -1,79557                             | 2,49934 |

Der Vergleich auf Varianzgleichheit erfolgte mittels Levene-Test (siehe Tabelle 6, Seite 74). Die Varianzen waren gleich, die Gruppen unterschieden sich nicht.

Tabelle 7: Bootstrap für Test bei unabhängigen Stichproben

|            |                             | Mittlere Differenz | Bootstrap <sup>a</sup> |                  |                 |                        |         |
|------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------|------------------------|---------|
|            |                             |                    | Verzerrung             | Standardfehler r | Sig. (2-seitig) | 95% Konfidenzintervall |         |
|            |                             |                    |                        |                  |                 | Untere                 | Obere   |
| Gewicht_KG | Varianzen sind gleich       | ,873               | ,071                   | 3,688            | ,826            | -6,426                 | 8,025   |
|            | Varianzen sind nicht gleich | ,873               | ,071                   | 3,688            | ,823            | -6,426                 | 8,025   |
| Größe_cm   | Varianzen sind gleich       | -,954              | ,042                   | 2,028            | ,642            | -5,160                 | 2,992   |
|            | Varianzen sind nicht gleich | -,954              | ,042                   | 2,028            | ,640            | -5,160                 | 2,992   |
| BMI        | Varianzen sind gleich       | ,35189             | ,01649                 | 1,08060          | ,762            | -1,81310               | 2,45530 |
|            | Varianzen sind nicht gleich | ,35189             | ,01649                 | 1,08060          | ,763            | -1,81310               | 2,45530 |

a. Wenn nicht weiter aufgeführt, basieren die Bootstrap Ergebnisse auf einer Stichprobe von 1000 Proben.

Betrachtete man die anthropometrischen Daten (Tabelle 7, Seite 74) in Verteilung auf die beiden Gruppen A (n=20) und B (n=26) und verglich diese, so zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

4.3 Deskriptive Darstellung der Rohdaten der Baseline-Messung RoM\_HWS sowie PAT und HWS-Bewegungsuntersuchung

Die Rohdaten der Bewegungsvermessung der HWS lagen im Mittel im oberen Durchschnitt der Norm (siehe Anhang F). Keine der Probandinnen befand sich unter den vom Gerätehersteller vorgegebenen Normwerte. Alle Probandinnen zeigten ein lineares Abbremsen bei den Bewegungsauslenkungen als Zeichen schmerzfreier Beweglichkeit. Insgesamt konnten somit alle Probandinnen in der Studie verbleiben.

4.3.1 Verteilung in der Baseline-Messung je Gruppe für RoM\_Rot

Die Probandinnen wurden randomisiert auf zwei Gruppen mit unterschiedlichem Untersuchungsbedingungen zugeordnet. Gruppe A durchlief nach der Baselinemessung die Untersuchungsbedingung “Control”, Gruppe B durchlief nach der Baselinemessung die Untersuchungsbedingung “Treatment”. Beide Gruppen bekamen zwischen Baseline und Messung unter Untersuchungsbedingungen eine “Wash-out-Periode” von vier Stunden. Die deskriptiven Werte (Mittelwert (Mw), Standardabweichung (STABW), Median, Varianzbreite (Range)) von RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_li und RoM\_Rot\_re zwischen den Gruppen differierten auf den ersten Blick in der Baseline kaum (siehe Tabelle 8, Seite 75).

Tabelle 8: Mittelwert (Mw), Standardabweichung (STABW), Median und Varianzbreite (Range) der Baseline-Bewegungsmesswerte (RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re) je Gruppe

|                    | Mw     | STABW | Median | Range |
|--------------------|--------|-------|--------|-------|
| Gruppe A, Baseline |        |       |        |       |
| RoM_Rot_sum        | 152,37 | 23,86 | 153    | 113   |
| RoM_Rot_li         | 78,95  | 13,51 | 77     | 65    |
| RoM_Rot_re         | 73,42  | 11,24 | 74     | 48    |
| Gruppe B, Baseline |        |       |        |       |
| RoM_Rot_sum        | 148,0  | 17,6  | 148    | 78    |
| RoM_Rot_li         | 75,31  | 11,27 | 76     | 49    |
| RoM_Rot_re         | 72,69  | 9,52  | 71,5   | 38    |

Um die Verteilungen in den Gruppen zu prüfen, wurden im Folgenden die Bewegungsauslenkungen Rom\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_sum in der Baselinemessung mittels Kolmogorow-Smirnov, einem statistischen Test auf

Übereinstimmung zweier Wahrscheinlichkeitsverteilungen und dem Shapiro-Wilk, einem statistischen Test, welcher die zugrunde liegende Grundgesamtheit auf Normalverteilung prüft, getestet. In Gruppe A zeigte sich bei den Parametern RoM\_Rot\_li und RoM\_Rot\_sum bei Shapiro-Wilk keine Normalverteilung (siehe Tabelle 9, Seite 76).

**Tabelle 9: Tests auf Normalverteilung für die Variablen: RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_sum**

| Gruppen             |                                  |  | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |             |
|---------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
|                     |                                  |  | Statistik                       | df | Signifikanz       | Statistik    | df | Signifikanz |
| Base RoM Rot links  | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,111                            | 26 | ,200 <sup>*</sup> | ,970         | 26 | ,629        |
|                     | Gruppe A (Kontroll)              |  | ,196                            | 19 | ,052              | ,840         | 19 | ,005        |
| Base RoM Rot rechts | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,112                            | 26 | ,200 <sup>*</sup> | ,945         | 26 | ,181        |
|                     | Gruppe A (Kontroll)              |  | ,145                            | 19 | ,200 <sup>*</sup> | ,939         | 19 | ,253        |
| Base RoM Rot sum    | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,115                            | 26 | ,200 <sup>*</sup> | ,973         | 26 | ,698        |
|                     | Gruppe A (Kontroll)              |  | ,165                            | 19 | ,187              | ,891         | 19 | ,033        |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors  
 \*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

#### 4.3.2 Verteilung in der Baseline-Messung je Gruppe für PAT

Ein vergleichbares Bild zeigte sich ebenfalls bei den Bewegungsmesswerten PAT\_sum, PAT\_li und PAT\_re. Die deskriptiven Werte (Mittelwerte, Standardabweichung, Median, Varianzbreite) zwischen den Gruppen differierten in der Baseline kaum (siehe Tabelle 10, Seite 77).

**Tabelle 10: Mittelwerte (Mw), Standardabweichung (STABW), Median und Varianzbreite (Range) der Baseline-Bewegungsmesswerte (PAT\_sum,PAT\_li, und PAT\_re) je Gruppe**

|                           | Mw     | STABW | Median | Range |
|---------------------------|--------|-------|--------|-------|
| <b>Gruppe A, Baseline</b> |        |       |        |       |
| PAT_sum                   | 273,15 | 16,02 | 275,5  | 73    |
| PAT_li                    | 136,05 | 8,95  | 136    | 32    |
| PAT_re                    | 137,10 | 8,87  | 138    | 43    |
| <b>Gruppe B, Baseline</b> |        |       |        |       |
| PAT_sum                   | 267,27 | 21,83 | 267,5  | 101   |
| PAT_li                    | 133,15 | 11,57 | 132    | 50    |
| PAT_re                    | 134,12 | 11,20 | 134    | 53    |

Um hier ebenfalls die Verteilungen in den Gruppen zu prüfen, wurden im Folgenden die Bewegungsauslenkungen PAT\_sum, PAT\_li und PAT\_re in der Baselinemessung mittels Kolmogorow-Smirnov und Shapiro-Wilk auf Normalverteilung getestet. In Gruppe B zeigte sich bei PAT\_li keine Normalverteilung (siehe Tabelle 11, Seite 77).

**Tabelle 11: Tests auf Normalverteilung für die Variablen: PAT\_li, PAT\_re und PAT\_sum**

| Gruppen         |                                  |  | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |             |
|-----------------|----------------------------------|--|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
|                 |                                  |  | Statistik                       | df | Signifikanz       | Statistik    | df | Signifikanz |
| Base PAT links  | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,172                            | 26 | ,046              | ,906         | 26 | ,021        |
|                 | Gruppe A ( <i>Control</i> )      |  | ,117                            | 20 | ,200 <sup>*</sup> | ,959         | 20 | ,522        |
| Base PAT rechts | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,100                            | 26 | ,200 <sup>*</sup> | ,968         | 26 | ,583        |
|                 | Gruppe A ( <i>Control</i> )      |  | ,145                            | 20 | ,200 <sup>*</sup> | ,962         | 20 | ,575        |
| Base Pat Summe  | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) |  | ,159                            | 26 | ,091              | ,935         | 26 | ,104        |
|                 | Gruppe A ( <i>Control</i> )      |  | ,124                            | 20 | ,200 <sup>*</sup> | ,954         | 20 | ,433        |

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors  
 \*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

4.3.3 Intergruppenvergleich in der Baseline-Messung je Gruppe für RoM\_Rot und PAT

Da der T-Test recht robust auf Fehler in der Verteilung reagiert, wurde mittels zweiseitigem T-Test die Vergleichbarkeit der Gruppen in der Baselinemessung untersucht. Dies geschah für die Parameter RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_li und RoM\_Rot\_re sowie PAT\_sum, PAT\_li und PAT\_re.

**Tabelle 12: Gruppenvergleich für die Baselinemessung RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_li**

|             | Gruppe A_Base (Mw) | Gruppe B_Base( Mw) | T-Test (2,2),alpha=.5 |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| RoM_Rot_sum | 152,37             | 148,0              | 0,483                 |
| RoM_Rot_li  | 78,95              | 75,31              | 0,331                 |
| RoM_Rot_re  | 73,42              | 72,69              | 0,815                 |

**Tabelle 13: Gruppenvergleich für die Baselinemessung PAT\_li, PAT\_re und PAT\_sum**

|         | Gruppe A_Base (Mw) | GruppeB_Base (Mw) | T-Test (2,2),alpha=.5 |
|---------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| PAT_li  | 136,05             | 133,15            | 0,363                 |
| PAT_re  | 137,1              | 134,12            | 0,337                 |
| PAT_sum | 273,15             | 267,27            | 0,321                 |

Es konnten keine signifikanten Unterschiede für PAT\_li, PAT\_re, PAT\_sum sowie RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_sum zwischen der Gruppe A und B festgestellt werden (siehe Tabellen 12 und 13, Seite 78).

#### 4.3.4 Deskriptive Ergebnisse der osteopathischen segmentalen Bewegungsuntersuchung der HWS

Die Dysfunktionen wurden in die Qualität „Restriktiv“ im Sinne einer Bewegungseinschränkung und „Blockade“ im Sinne eines Bewegungsverlustes in jeweils mindestens eine Bewegungsrichtung unterteilt. Die Gruppen A und B wiesen eine unterschiedliche Probandenanzahl auf, welches den direkten Intergruppenvergleich von Dysfunktionen erschwerte. In beiden Gruppen nahmen bei den Messungen unter Untersuchungsbedingungen die Dysfunktionen zu (siehe Tabelle 14, Seite 78).

**Tabelle 14: Dysfunktionen HWS gesamt**

|              | Restriktiv | Blockade | Summe |
|--------------|------------|----------|-------|
| GruppeA_Base | 43         | 19       | 62    |
| GruppeA_Unt. | 49         | 23       | 72    |
| GruppeB_Base | 46         | 30       | 76    |
| GruppeB_Unt. | 58         | 28       | 86    |

Genauer gesagt erhöhte sich die Anzahl der restriktiven (R) Dysfunktionen in Gruppe A. Aus der Baselinemessung erhöhten sie sich von 43 zur Untersuchungsbedingung *Control* auf 49 (siehe Tabelle 15, Seite 79). Diese Tendenz zeigt sich ebenfalls in der Gruppe B (siehe Tabelle 16, Seite 79).

Tabelle 15: Differenz Untersuchungsbedingung zu Baseline. Dysfunktionen gesamte HWS, GruppeA

|              | Restriktiv | Blockade | Summe |
|--------------|------------|----------|-------|
| GruppeA_Base | 43         | 19       | 62    |
| GruppeA_Unt. | 49         | 23       | 72    |
| Differenz    | 6          | 4        | 10    |

Gruppe A zeigte sechs restriktive Dysfunktionen mehr, Gruppe B zwölf. Die Blockaden verhielten sich tendenziell in der Gruppe A parallel zur Qualität Restriktion. Eine Zunahme von vier Blockaden stand hier allerdings der Gruppe B entgegen. Hier sank die Anzahl der Blockaden um zwei (siehe Tabellen 15 und 16, ebd.).

Tabelle 16: Differenz Untersuchungsbedingung zu Baseline. Dysfunktionen gesamte HWS, Gruppe B

|              | Restriktiv | Blockade | Summe |
|--------------|------------|----------|-------|
| GruppeB_Base | 46         | 30       | 76    |
| GruppeB_Unt. | 58         | 28       | 86    |
| Differenz    | 12         | -2       | 10    |

Betrachtete man die obere Halswirbelsäule, genauer die Segmente C0-2 näher, stellte sich ein ähnliches Bild dar. Die Blockaden waren hier in beiden Gruppen ohne große Änderungen, die restriktiven Dysfunktionen nahmen insbesondere in der Gruppe B unter Untersuchungsbedingung um acht zu, in Gruppe A um vier (siehe Tabelle 17, Seite 79).

Tabelle 17: Dysfunktionen obere HWS (C0-2) Gruppe A und Gruppe B

|              | Restriktiv | Blockade | Summe |
|--------------|------------|----------|-------|
| GruppeA_Base | 21         | 10       | 31    |
| GruppeA_Unt. | 25         | 11       | 36    |
| GruppeB_Base | 21         | 18       | 39    |
| GruppeB_Unt. | 29         | 15       | 44    |

Einige spezifische Dysfunktionen zeigten eine deutliche Zunahme. Shiftläsionen von Segment C1 wechselten in der Gruppe B von fünf auf zehn unter „Treatment“, in der Gruppe A von zwei auf drei unter „Control“ (siehe Tabelle 18, Seite 80).

Tabelle 18: Shift- Dysfunktionen HWS-Segmente C0-2

|              | Shift C0 | Shift C1 |
|--------------|----------|----------|
| GruppeA_Base | 0        | 2        |
| GruppeA_Unt. | 1        | 3        |
| GruppeB_Base | 2        | 5        |
| GruppeB_Unt. | 0        | 10       |

Für die osteopathische Untersuchung der HWS bezogen auf die spezifische Dysfunktion Atlasshift zeigte sich in der Gruppe A (n=20, Tabelle 19, Seite 80) sowie Gruppe B (n=26, Tabelle 20, Seite 80) folgende prozentuale Verteilung.

Tabelle 19: Kreuztabelle für Shift C1. Baseline und Untersuchungsbedingungen, GruppeA

|                   |      |                 |                   | Untersuchung_C1_SHIFT |        | Gesamt |
|-------------------|------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------|--------|
|                   |      |                 |                   | ja                    | nein   |        |
| Baseline_C1_SHIFT | ja   | Anzahl          |                   | 0                     | 2      | 2      |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | ,0%                   | 100,0% | 100,0% |
|                   | nein | Anzahl          |                   | 3                     | 15     | 18     |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | 16,7%                 | 83,3%  | 100,0% |
| Gesamt            |      | Anzahl          |                   | 3                     | 17     | 20     |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | 15,0%                 | 85,0%  | 100,0% |

Tabelle 20: Kreuztabelle für Shift C1. Baseline und Untersuchungsbedingungen, GruppeB.

|                   |      |                 |                   | Untersuchung_C1_SHIFT |       | Gesamt |
|-------------------|------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------|--------|
|                   |      |                 |                   | ja                    | nein  |        |
| Baseline_C1_SHIFT | Ja   | Anzahl          |                   | 1                     | 4     | 5      |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | 20,0%                 | 80,0% | 100,0% |
|                   | Nein | Anzahl          |                   | 9                     | 12    | 21     |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | 42,9%                 | 57,1% | 100,0% |
| Gesamt            |      | Anzahl          |                   | 10                    | 16    | 26     |
|                   |      | % innerhalb von | Baseline_C1_SHIFT | 38,5%                 | 61,5% | 100,0% |

#### **4.4 Statistische Auswertung der Messungen in den Untersuchungsbedingungen**

Im Folgenden wird an erster Stelle die statistische Auswertung für die Ultraschalltopometrie der HWS dargestellt. Danach folgen die statistischen Auswertungen der Bewegungsuntersuchung der Hüfte und hiernach der oberen HWS, spezifisch die Dysfunktion Atlashift. Zuletzt werden die Ergebnisse des Fragebogens C ausgewertet.

Die Varianzanalysen (ANOVA) wurden mit dem Statistik-Programm SPSS 18 (Firma IBM, IBM SPSS Statistics, Deutschland), die des Atlashifts-Messung mittels Odds ratio mit einem Add-on von Excel (SNP tools, Version V1.70) durchgeführt. Alle Analysen für RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_re und RoM\_Rot\_li sowie PAT\_li, PAT\_re und PAT\_sum wurden separat ausgeführt.

##### **4.4.1 Statistische Auswertung der ultraschalltopometrischen Vermessung der HWS**

Die statistische Auswertung für die Ultraschalltopometrie der HWS erfolgte durch eine Varianzanalyse mit Messwiederholung. Dieses Verfahren eignete sich aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße und entsprach den statistischen Anforderungen der Arbeit, zwei Gruppen sowie Mehrfachmessungen derselben zu berücksichtigen. Mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung war es möglich, die Varianz zwischen den einzelnen Versuchspersonen aus der Fehlervarianz zu eliminieren. Die Fehlervarianz wurde dadurch kleiner und die Teststärke des Verfahrens größer, was insbesondere bei kleineren Stichproben hilfreich ist. Es erfolgte in erster Linie der Box-Test, einem Test zum Prüfen der Homogenität mehrerer Varianz-Kovarianzmatrizen. Mittels diesem wurde geprüft, ob die von den Kovarianzmatrizen abhängigen Variablen über die Gruppen gleich waren. Der Box Test fand bei komplexerem Datenmaterial als „erweiterter“ Levene-Test Anwendung. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung setzte voraus, dass die Varianzen ebenfalls innerhalb der Stufen des Messwiederholungsfaktors ähnlich (homogen) sein sollten. Wie bei einer „normalen“ Varianzanalyse wurde insofern auf Homogenität (bei Messwiederholung Sphärizität genannt) getestet. In der vorliegenden Arbeit wurde hierfür der Mauchly-Sphärizitätstest verwendet. War der Mauchly-Test signifikant, musste eine Korrektur der Werte durchgeführt werden. Hierfür fand die Greenhouse-Geisser Korrektur Anwendung. Der Mauchly Test für Sphärizität, einem Test welcher Fehlervarianzhomogenitäts-Vorraussetzungen für die Meßwiederholungsanalyse prüft, zeigte in keinem der Messläufe Signifikanz ( $\alpha = 0.05$ ), es konnte somit für RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re, RoM\_Rot\_sum

Sphärizität angenommen werden. Der Levene-Test für Homogenität der Varianzen zeigte ebenfalls in keinem der Messläufe der HWS (RoM\_Rot\_li, RoM\_Rot\_re, RoM\_Rot\_sum) Signifikanzen (alpha =0,05), die Varianzen in den Gruppen waren somit vergleichbar.

#### 4.4.1.1 Auswertung für RoM\_Rot\_li

In Tabelle 21, Seite 82, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 16, Seite 84). In Tabelle 22, Seite 83, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

**Tabelle 21: Deskriptive Statistik für die Variable RoM\_Rot\_li.**

| Gruppen                                |                               | Mittelwert | STABW  | N  |
|----------------------------------------|-------------------------------|------------|--------|----|
| Baseline RoM_Rot_li                    | Gruppe B                      | 75,31      | 11,267 | 26 |
|                                        | Gruppe A                      | 78,95      | 13,513 | 19 |
|                                        | Gesamt                        | 76,84      | 12,253 | 45 |
| Untersuchungsbedingungen<br>RoM_Rot_li | Gruppe B ( <i>Treatment</i> ) | 69,35      | 9,903  | 26 |
|                                        | Gruppe A ( <i>Control</i> )   | 77,42      | 10,156 | 19 |
|                                        | Gesamt                        | 72,76      | 10,686 | 45 |

Um die Daten aus der Varianzanalyse mit Messwiederholung verständlicher interpretieren zu können, wurde überblicksartig an dieser Stelle auf die Grundlagen einer Varianzanalyse und die verwendeten Datenbezeichnungen der SPSS -Maske für Varianzanalysen eingegangen.

Bei einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung wurden die Quadratsummen in Quadratsummen zwischen und innerhalb Personen zerlegt. Letztere wurden in die Quadratsumme zwischen den Messungen und einen Rest (Residuum oder Fehlervarianz) zerlegt. Der F-Wert zur Prüfung signifikanter Veränderungen wurde aus dem Verhältnis der Varianz (mean squares) der Messungen und der Fehlervarianz gebildet, mit df Messungen = p – 1 und df Fehlervarianz = (N – 1) · (p – 1). Im Gegensatz zu Varianzanalysen, in denen nur eine Messung pro Person vorliegt genügte es hierbei nicht, dass sich ein signifikanter Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (Haupteffekt) zeigte. Falls die Störung der Okklusion einen Effekt zeigte, mußten sich die Veränderungen der Personen in Experimental- und Kontrollgruppe (in bestimmter Weise) unterscheiden. Dies wurde in einem signifikanten Interaktionseffekt zwischen dem Messwiederholungs- und dem Treatmentfaktor sichtbar. Am Beispiel (in Tabelle 22, Seite 83), wurde für einen Effekt durch die Okklusionsstörung die Messung *RoM\_Rot\_li*, bei alpha 0,05 Signifikanz erreicht (p= 0,011).

Insofern unterschieden sich die Messungen *Baseline* gegenüber *Treatment* und *Baseline* gegenüber *Control* voneinander. Zusätzlich für einen aussagekräftigen Beleg durch das *Treatment* sollte aber der Messwiederholungsfaktor, hier *RoM\_Rot\_li \* Gruppe* keine Signifikanz erreichen (p=0,122). Insofern unterschieden sich die Gruppe A und Gruppe B unter *Baseline*kondition nicht. Ebenso nicht unter Untersuchungsbedingungen (*Control/Treatment*). Im Folgenden wurde für alle statistischen Auswertungen alpha = 0,05 angenommen.

Zur Reihenfolge der Tabelle: in Spalte eins wird aufgezeigt, aus welcher Quelle die Daten rekrutiert wurden. Die Angaben zur Quadratsumme werden in Spalte zwei aufgeführt, Spalte drei gibt Angaben zu den Freiheitsgraden. Die mittleren Quadratsummen finden sich in Spalte vier, die empirischen F-Werte in Spalte fünf, die Werte zur Überschreitungs-  
wahrscheinlichkeit, der Signifikanz, in Spalte sechs aufgeführt. Das partielle eta<sup>2</sup> und die Teststärke in den Spalten sieben und acht.

**Tabelle 22: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM\_Rot\_li bei alpha = 0,05.**

Maß:MASS\_1

| Quelle                       | RoM_Rot_li_BaseTreat | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzen tralitäts-Paramet er | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|------------------------------|----------------------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| RoM_Rot_li                   | dimension Linear 2   | 307,751                  | 1  | 307,751             | 7,108 | ,011 | ,142                   | 7,108                         | ,741                       |
| RoM_Rot_li* Gruppe           | dimension Linear 2   | 107,973                  | 1  | 107,973             | 2,494 | ,122 | ,055                   | 2,494                         | ,339                       |
| Fehler(RoM_Rot_li_BaseTreat) | dimension Linear 2   | 1861,849                 | 43 | 43,299              |       |      |                        |                               |                            |

Der Bewegungsverlust in der Treatmentgruppe für die Variable *RoM\_Rot\_li* war signifikant (p= 0,011). Im Gruppenvergleich waren die Werte homogen und erreichten keine Signifikanz (p= 0,122).

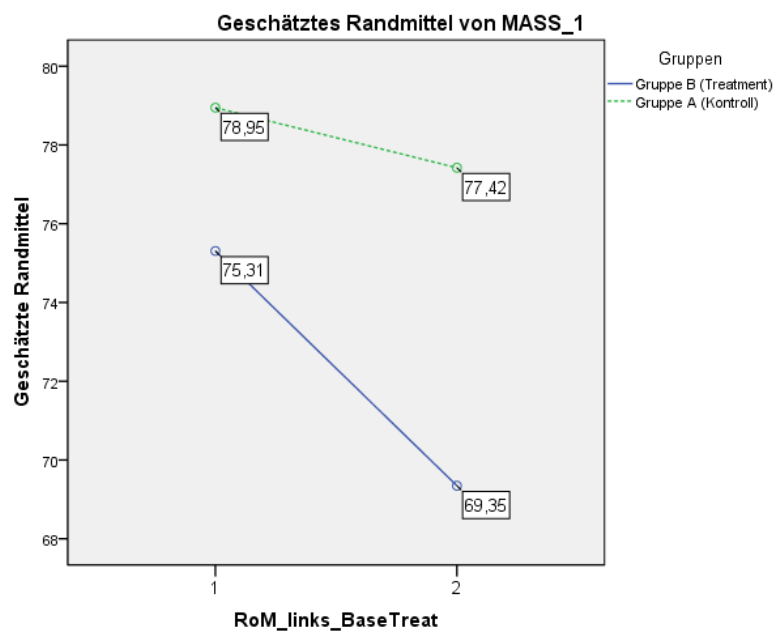


Abbildung 16: Mittelwerte Gruppe A und Gruppe B für Rot\_Rom\_li., Baseline=1, Treatment=2.

#### 4.4.1.2 Auswertung für RoM\_Rot\_re

In Tabelle 23, Seite 84, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 17, Seite 85). In Tabelle 24, Seite 85, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

Tabelle 23: Deskriptive Statistik für die Variable RoM\_Rot\_re.

| Gruppen                                |                               | Mittelwert | STABW  | N  |
|----------------------------------------|-------------------------------|------------|--------|----|
| Baseline RoM_Rot_re                    | Gruppe B ( <i>Treatment</i> ) | 72,69      | 9,515  | 26 |
|                                        | Gruppe A ( <i>Control</i> )   | 73,42      | 11,236 | 19 |
|                                        | Gesamt                        | 73,00      | 10,160 | 45 |
| Untersuchungsbedingungen<br>Rot_Rot_re | Gruppe B ( <i>Treatment</i> ) | 67,35      | 8,904  | 26 |
|                                        | Gruppe A ( <i>Control</i> )   | 72,89      | 11,015 | 19 |
|                                        | Gesamt                        | 69,69      | 10,117 | 45 |

Tabelle 24: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM\_Rot\_re bei alpha= 0,05.

Maß:MASS\_1

| Quelle              | RoM_Rot_re | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzentralitäts-Parameter | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|---------------------|------------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| RoM_Rot_re          | Linear     | 189,289                  | 1  | 189,289             | 5,102 | ,029 | ,106                   | 5,102                       | ,598                       |
| RoM_Rot_re* Gruppe  | Linear     | 127,511                  | 1  | 127,511             | 3,437 | ,071 | ,074                   | 3,437                       | ,441                       |
| Fehler(RoM_rec hts) | Linear     | 1595,311                 | 43 | 37,100              |       |      |                        |                             |                            |

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Der Bewegungsverlust in der Treatmentgruppe für die Variable RoM\_Rot\_re war signifikant (p= 0,029). Im Gruppenvergleich waren die Werte homogen und erreichten keine Signifikanz. Allerdings zeigt sich eine Tendenz zur Signifikanz (p= 0,071).

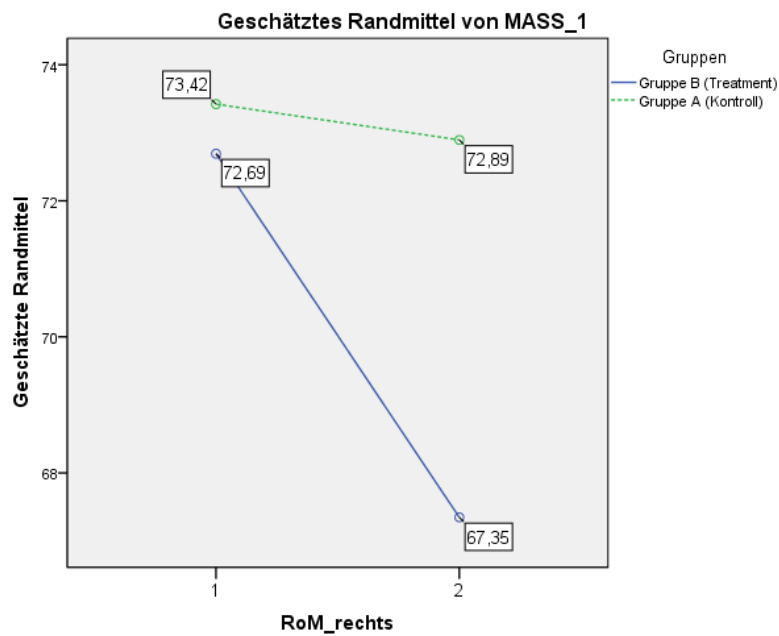


Abbildung 17: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable Rot\_RoM\_re., Baseline= 1, Treatment=2.

4.4.1.3 Auswertung für RoM\_Rot\_sum

In Tabelle 25, Seite 86, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 18, Seite 86). In Tabelle 26, Seite 86, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

Tabelle 25: Deskriptive Statistik für die Variable RoM\_Rot\_sum.

| Gruppen                               |                               | Mittelwert | STABW  | N  |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------|--------|----|
| Base RoM_Rot_sum                      | Gruppe B                      | 148,00     | 17,591 | 26 |
|                                       | Gruppe A                      | 152,37     | 23,859 | 19 |
|                                       | Gesamt                        | 149,84     | 20,334 | 45 |
| Untersuchungsbedingung<br>RoM_Rot_sum | Gruppe B ( <i>Treatment</i> ) | 136,69     | 16,548 | 26 |
|                                       | Gruppe A ( <i>Control</i> )   | 150,32     | 20,133 | 19 |
|                                       | Gesamt                        | 142,44     | 19,176 | 45 |

Tabelle 26: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM\_Rot\_sum bei alpha= 0,05.

Maß:MASS\_1

| Quelle              | RoM_Rot_sum | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzentralitäts-Parameter | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|---------------------|-------------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| RoM_Rot_sum         | Linear      | 979,757                  | 1  | 979,757             | 9,148 | ,004 | ,175                   | 9,148                       | ,840                       |
| RoM_Rot_sum         | Linear      | 470,157                  | 1  | 470,157             | 4,390 | ,042 | ,093                   | 4,390                       | ,535                       |
| * Gruppe            | —           |                          |    |                     |       |      |                        |                             |                            |
| Fehler(RoM_Rot_sum) | Linear      | 4605,243                 | 43 | 107,099             |       |      |                        |                             |                            |

Der Bewegungsverlust in der Treatmentgruppe für die Variable RoM\_Rot\_sum war signifikant ( $p=0,004$ ). Im Gruppenvergleich sind die Werte allerdings nicht homogen und erreichen ebenfalls Signifikanz ( $p=0,042$ ).

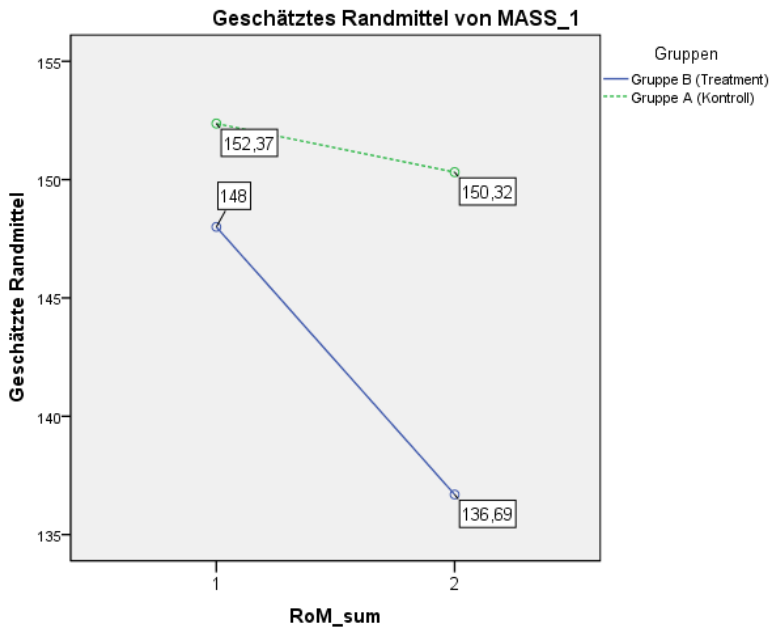


Abbildung 18: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable RoM\_Rot\_sum. Baseline=1, Treatment=2.

4.4.2 Statistische Auswertung der Bewegungsuntersuchung Hüfte: PAT

Die statistische Auswertung für die Bewegungsuntersuchung der Hüfte mit dem PAT erfolgte durch eine Varianzanalyse mit Messwiederholung. Darauf wurde per Box-Test überprüft, ob die von den Kovarianzmatrizen abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind. Der Mauchly Test für Sphärizität zeigte in keinem der Messläufe Signifikanz, es konnte somit für PAT\_li, PAT\_re, PAT\_sum Sphärizität angenommen werden.

Der Levene-Test für Homogenität der Varianzen zeigte ebenfalls in keinem der Messläufe der Hüfte (PAT\_li, PAT\_re, PAT\_sum) Signifikanzen, die Varianzen in den Gruppen sind somit vergleichbar.

4.4.2.1 Auswertung für PAT\_li

In Tabelle 27, Seite 87, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 19, Seite 88). In Tabelle 28, Seite 87, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

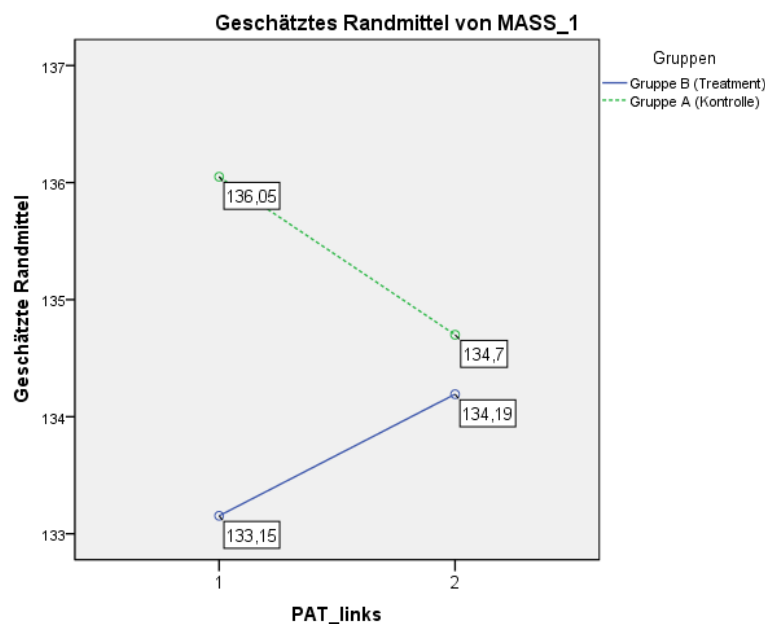
Tabelle 27: Deskriptive Statistik für die Variable PAT\_li.

| Gruppen                       |                               | Mittelwert | STABW  | N  |
|-------------------------------|-------------------------------|------------|--------|----|
| Baseline PAT_li               | Gruppe B                      | 133,15     | 11,568 | 26 |
|                               | Gruppe A                      | 136,05     | 9,179  | 20 |
|                               | Gesamt                        | 134,41     | 10,584 | 46 |
| Untersuchungsbedingung PAT_li | Gruppe B ( <i>Treatment</i> ) | 134,19     | 10,696 | 26 |
|                               | Gruppe A ( <i>Control</i> )   | 134,70     | 9,614  | 20 |
|                               | Gesamt                        | 134,41     | 10,132 | 46 |

Tabelle 28: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT\_li bei alpha= 0,05.

Maß:MASS 1

| Quelle         | PAT_li   | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzentralitäts-Parameter | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|----------------|----------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PAT_li         | _ Linear | ,549                     | 1  | ,549                | ,027  | ,870 | ,001                   | ,027                        | ,053                       |
| PAT_li* Gruppe | _ Linear | 32,244                   | 1  | 32,244              | 1,582 | ,215 | ,035                   | 1,582                       | ,234                       |
| Fehler(PAT_li) | _ Linear | 896,756                  | 44 | 20,381              |       |      |                        |                             |                            |



**Abbildung 19:** Mittelwerte für die Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT\_li. Baseline=1, Treatment=2.

Die Messwerte der Variable PAT\_li zeigten keine signifikante Veränderung ( $p=0,87$ ). Es zeigte sich eine Abnahme der Beweglichkeit in der Gruppe A unter Kontrollbedingungen, nicht in der Gruppe B unter Treatmentbedingungen. Im Gruppenvergleich waren die Werte homogen und erreichten keine Signifikanz ( $p=0,215$ ).

#### 4.4.2.2 Auswertung für PAT\_re

In Tabelle 29, Seite 88, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 20, Seite 89). In Tabelle 30, Seite 89, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

**Tabelle 29:** Deskriptive Statistik für die Variable PAT\_re bei  $\alpha=0,05$ .

| Gruppen                       |                      | Mittelwert | STABW  | N  |
|-------------------------------|----------------------|------------|--------|----|
| Baseline PAT_re               | Gruppe B             | 134,12     | 11,198 | 26 |
|                               | Gruppe A             | 137,10     | 9,095  | 20 |
|                               | Gesamt               | 135,41     | 10,336 | 46 |
| Untersuchungsbedingung PAT_re | Gruppe B (Treatment) | 133,19     | 9,887  | 26 |
|                               | Gruppe A (Control)   | 134,35     | 8,958  | 20 |
|                               | Gesamt               | 133,70     | 9,409  | 46 |

Tabelle 30: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT\_re bei alpha= 0,05.

Maß:MASS\_1

| Quelle         | PAT_re | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzentralitäts-Parameter | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|----------------|--------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PAT_re         | Linear | 76,256                   | 1  | 76,256              | 3,624 | ,063 | ,076                   | 3,624                       | ,461                       |
| PAT_re* Gruppe | Linear | 18,865                   | 1  | 18,865              | ,897  | ,349 | ,020                   | ,897                        | ,153                       |
| Fehler(PAT_re) | Linear | 925,798                  | 44 | 21,041              |       |      |                        |                             |                            |

Die Messwerte für die Variable PAT\_re wiesen eine Tendenz zur Signifikanz auf (p=0.063). Ein Blick auf die Abbildung 20, Seite 89, machte allerdings deutlich, dass hier die Kontrollgruppe den Bewegungsverlust aufwies, die Treatmentgruppe nicht. Im Gruppenvergleich waren die Werte homogen und erreichten keine Signifikanz (p=0.349).

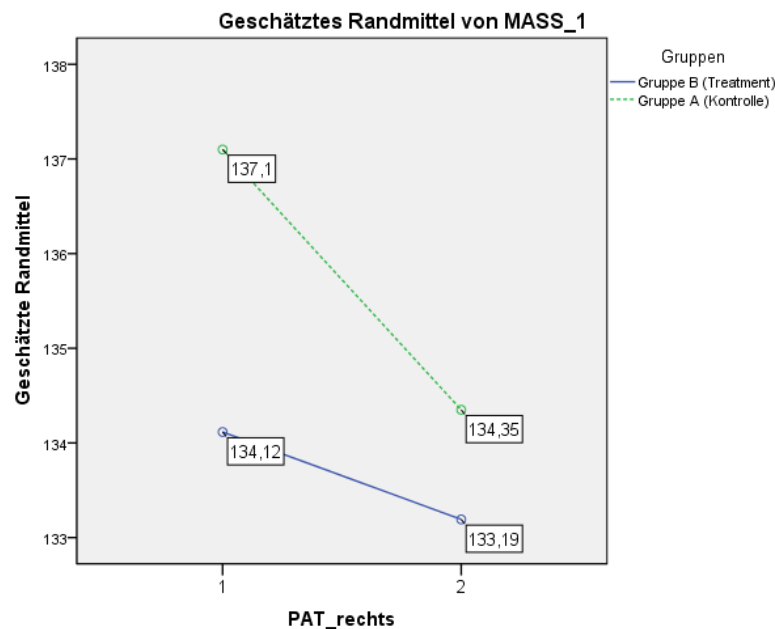


Abbildung 20: Mittelwerte für die Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT\_rechts. Baseline=1, Treatment=2.

4.4.2.3 Auswertung für PAT\_sum

In Tabelle 31, Seite 90, werden die Mittelwerte der Gruppen in Baseline und Untersuchungsbedingung dargestellt und graphisch unterstützt (Abbildung 21, Seite 91). In Tabelle 32, Seite 90, werden die Ergebnisse der Varianzanalyse aufgezeigt.

Tabelle 31: Deskriptive Statistik für die Variable PAT\_sum.

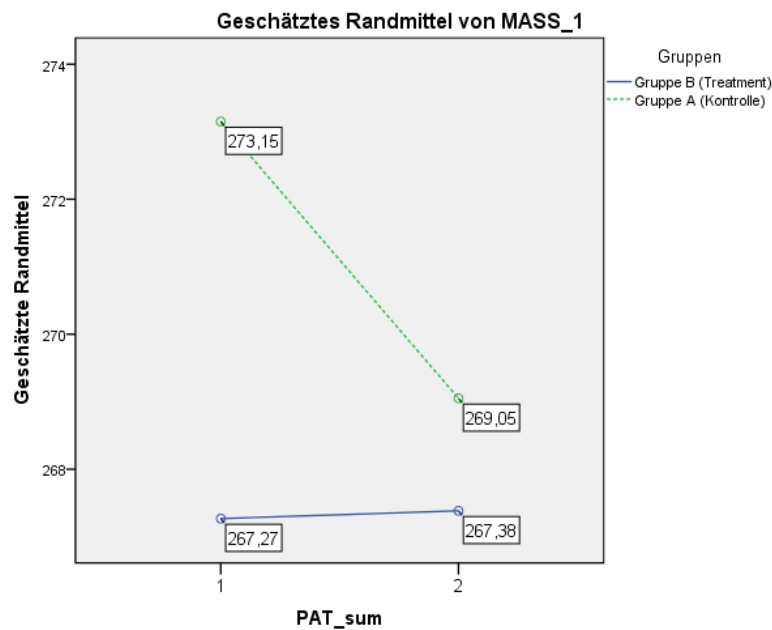
| Gruppen                                       |                      | Mittelwert | STABW  | N  |
|-----------------------------------------------|----------------------|------------|--------|----|
| Baseline Pat_Sum                              | Gruppe B             | 267,27     | 21,826 | 26 |
|                                               | Gruppe A             | 273,15     | 16,439 | 20 |
|                                               | Gesamt               | 269,83     | 19,683 | 46 |
| Untersuchungsbedingung<br>(Treatment) PAT_Sum | Gruppe B (Treatment) | 267,38     | 19,576 | 26 |
|                                               | Gruppe A (Control)   | 269,05     | 17,166 | 20 |
|                                               | Gesamt               | 268,11     | 18,385 | 46 |

Tabelle 32: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT\_sum bei alpha= 0,05.

Maß:MASS\_1

| Quelle             | PAT_sum  | Quadratsumme vom Typ III | df | Mittel der Quadrate | F     | Sig. | Partielles Eta-Quadrat | Nichtzentralitäts-Parameter | Beob. Schärfe <sup>a</sup> |
|--------------------|----------|--------------------------|----|---------------------|-------|------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PAT_sum            | _ Linear | 89,740                   | 1  | 89,740              | 1,795 | ,187 | ,039                   | 1,795                       | ,259                       |
| PAT_sum*<br>Gruppe | _ Linear | 100,436                  | 1  | 100,436             | 2,009 | ,163 | ,044                   | 2,009                       | ,284                       |
| Fehler(PAT_sum)    | _ Linear | 2200,227                 | 44 | 50,005              |       |      |                        |                             |                            |

Die Messwerte der Variable PAT\_sum zeigten keine signifikante Veränderung (p=0,187). Ebenfalls wie bei PAT\_re zeigte sich eine Abnahme der Beweglichkeit in der Kontrollgruppe, in der Treatmentgruppe nicht. Im Gruppenvergleich waren die Werte homogen und erreichten keine Signifikanz (p=0.163).



**Abbildung 21: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT\_sum. Baseline=1, Treatment=2.**

#### 4.4.3 Statistische Auswertung der segmentalen Bewegungsuntersuchung HWS: Atlasshift

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der osteopathischen segmentalen Bewegungsuntersuchung der HWS, spezifisch die Dysfunktion Atlasshift, dargestellt werden. Im Gruppenvergleich erfolgt hierfür die prozentuale Darstellung der Dysfunktionen. Unterschiede zwischen Baseline zu *Control/Treatment* wird je Gruppe mittels McNemar, einem speziellen Vierfeldertafel Test für verbundene Stichproben mit Messwiederholung für nominalskalierte Daten (unter anderem dichotome Daten wie ja/nein), ausgewertet. Dieser Test findet bei nichtparametrischen Daten Anwendung. Zuletzt werden die Ergebnisse der Gruppen unter Untersuchungsbedingungen gegenübergestellt und mittels Fishers exaktem Test, einem exakten Pendant zum Vierfelder Chi-Quadrat Test, ausgewertet. Chi-Quadrat Tests dienen zum Vergleich zweier Gruppen, deren Anteil Merkmalsträger (hier Atlasshift) auf signifikanten Unterschied zu prüfen ist.

Die prozentuale Verteilung für die osteopathische Untersuchung der HWS, bezogen auf die spezifische Dysfunktion Atlasshift wurde für die Gruppe A (n=20) in Tabelle 33, S.92, für die Gruppe B in Tabelle 35, S.92 dargestellt.

Tabelle 33: Kreuztabelle, Gruppe A. Shift C1 in Baseline und Untersuchungsbedingungen.

|                   |      |                 | Untersuchung_C1_SHIFT |        | Gesamt |
|-------------------|------|-----------------|-----------------------|--------|--------|
|                   |      |                 | ja                    | Nein   |        |
| Baseline_C1_SHIFT | ja   | Anzahl          | 0                     | 2      | 2      |
|                   |      | % innerhalb von | ,0%                   | 100,0% | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |        |        |
|                   | nein | Anzahl          | 3                     | 15     | 18     |
|                   |      | % innerhalb von | 16,7%                 | 83,3%  | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |        |        |
| Gesamt            |      | Anzahl          | 3                     | 17     | 20     |
|                   |      | % innerhalb von | 15,0%                 | 85,0%  | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |        |        |

Tabelle 34: Chi Quadrat Tests Gruppe A , Shift C1.

|                           | Wert | Exakte Signifikanz (2-seitig) |
|---------------------------|------|-------------------------------|
| McNemar-Test              |      | 1,000 <sup>a</sup>            |
| Anzahl der gültigen Fälle | 20   |                               |

a. Binomialverteilung verwendet

Innerhalb der Gruppe A von Baseline zu *Control* Messung ließ sich kein signifikanter Unterschied mittels McNemar ( $p=1,0$ ) feststellen (siehe Tabelle 34, S. 92).

Tabelle 35: Kreuztabelle, Gruppe B. Shift C1 in Baseline und Untersuchungsbedingungen.

|                   |      |                 | Untersuchung_C1_SHIFT |       | Gesamt |
|-------------------|------|-----------------|-----------------------|-------|--------|
|                   |      |                 | ja                    | nein  |        |
| Baseline_C1_SHIFT | Ja   | Anzahl          | 1                     | 4     | 5      |
|                   |      | % innerhalb von | 20,0%                 | 80,0% | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |       |        |
|                   | Nein | Anzahl          | 9                     | 12    | 21     |
|                   |      | % innerhalb von | 42,9%                 | 57,1% | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |       |        |
| Gesamt            |      | Anzahl          | 10                    | 16    | 26     |
|                   |      | % innerhalb von | 38,5%                 | 61,5% | 100,0% |
| Baseline_C1_SHIFT |      |                 |                       |       |        |

Tabelle 36: Chi Quadrat Tests Gruppe B, Shift C1.

|                           | Wert | Exakte Signifikanz (2-seitig) |
|---------------------------|------|-------------------------------|
| McNemar-Test              |      | ,267 <sup>a</sup>             |
| Anzahl der gültigen Fälle | 26   |                               |

a. Binomialverteilung verwendet

In der Gruppe B von Baseline zu *Treatment* ließ sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied mittels McNemar feststellen. Betrachtete man die Verteilung des Atlasshifts innerhalb der Gruppen unter Untersuchungsbedingungen und wertete diese mittels „Exaktem Test nach Fisher“ aus, zeigte sich eine Tendenz zur Signifikanz ( $p=0,076$ ). Dies sollte zurückhaltend bewertet werden, da sich in der Gruppe B unter Treatmentbedingungen kein signifikanter Unterschied darstellen ließ.

Tabelle 37: Kreuztabelle, Shift C1. Gruppenvergleich in Untersuchungsbedingungen.

|                        |                         |                         | Gruppen                          |                         | Gesamt |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------|
|                        |                         |                         | Gruppe B<br>( <i>Treatment</i> ) | Gruppe A<br>(Kontrolle) |        |
| Untersuchung_C1_SHIF T | Ja                      | Anzahl                  | 10                               | 3                       | 13     |
|                        |                         | % innerhalb von Gruppen | 38,5%                            | 15,0%                   | 28,3%  |
|                        | Nein                    | Anzahl                  | 16                               | 17                      | 33     |
|                        |                         | % innerhalb von Gruppen | 61,5%                            | 85,0%                   | 71,7%  |
| Gesamt                 | Anzahl                  |                         | 26                               | 20                      | 46     |
|                        | % innerhalb von Gruppen |                         | 100,0%                           | 100,0%                  | 100,0% |

Tabelle 38: Chi Quadrat Tests für Shift C1. Gruppenvergleich in Untersuchungsbedingungen.

|                                    | Wert               | df | Asymptotische Signifikanz (2-seitig) | Exakte Signifikanz (2-seitig) | Exakte Signifikanz (1-seitig) |
|------------------------------------|--------------------|----|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson           | 3,069 <sup>a</sup> | 1  | ,080                                 | ,106                          | ,076                          |
| Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup> | 2,021              | 1  | ,155                                 |                               |                               |
| Likelihood-Quotient                | 3,222              | 1  | ,073                                 |                               |                               |
| Exakter Test nach Fisher           |                    |    |                                      |                               |                               |
| Zusammenhang linear-mit-linear     | 3,002              | 1  | ,083                                 |                               |                               |
| Anzahl der gültigen Fälle          | 46                 |    |                                      |                               |                               |

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,65.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

#### 4.4.4 Statistische Auswertung der Probandenbefragung zur subjektiven Spannungswahrnehmung (Fragebogen C)

Nach Abschluss der Messläufe wurden die Probandinnen der Gruppe B mittels Likert-Scale von 0-3 nach ihren subjektiven Einschätzungen zu Spannungs- und Beweglichkeitsunterschieden befragt.

Folgende Ergebnisse (Mittelwerte) wurden für die Wahrnehmung von Beweglichkeits- und Spannungsveränderungen gefunden:

- HWS ist mit Metalleinlage „eher nicht“ weniger beweglich (Item 1)
- HWS ist mit und ohne Metalleinlage „eher gleich“ beweglich (Item 2)
- Spannung ist mit und ohne Metalleinlage im rechten Kiefergelenk „eher nicht gleich“ (Item 3)
- Spannung mit Metalleinlage ist im rechten und linken Kiefergelenk sind „nicht gleich“ (Item 4)
- die Spannung ist im oberen Nacken mit Metalleinlage „eher größer“ (Item 5)

Diese Ergebnisse der Aussagen sind in dem Balkendiagramm (Abbildung 22, Seite 95) zusammengefasst dargestellt.

□

## Subjektive Einschätzung mittels 5 Items. Gruppe B (n=26)

0= Stimmt nicht; 1=Stimmt eher nicht; 2= Stimmt eher; 3= Stimmt

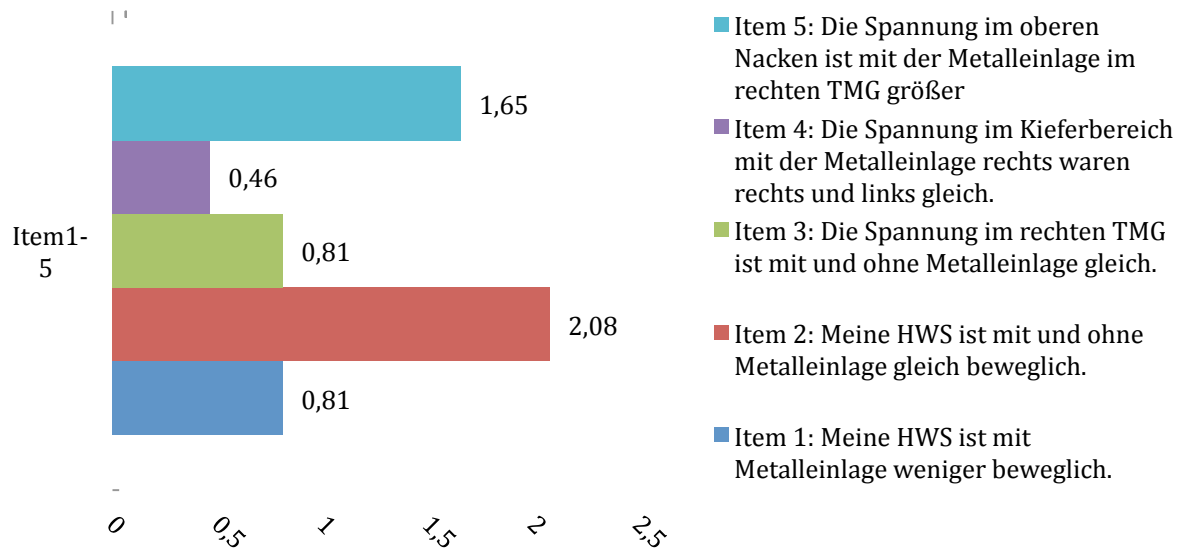


Abbildung 22: Darstellung der mittleren Werte der Items aus dem Fragebogen C

## 4.5 Hypothesenbeurteilung

Für die vorliegende Studie bewährten sich die drei statistischen Hypothesen  $H_{1,1}$ ,  $H_{1,2}$  und  $H_{1,3}$ . Alle statistischen Vorhersagen trafen somit nicht zu. Konkret bedeutete das für die Fragestellung der Arbeit, dass eine künstliche, einseitig induzierte, kurzfristige Störung der Okklusion von einem Millimeter einen Einfluß auf die Beweglichkeit der Halswirbelsäule im Sinne eines Bewegungsverlustes in axialer Rotation hat.

Darüber hinaus bewährten sich die drei statistischen Hypothesen  $H_{0,4}$ ,  $H_{0,5}$  und  $H_{0,6}$ . Alle statistischen Vorhersagen trafen somit zu. Konkret bedeutete das für die Fragestellung der Arbeit, dass eine künstliche, einseitig induzierte, kurzfristige Störung der Okklusion von einem Millimeter keinen Einfluß auf die Beweglichkeit der Hüftaussenrotation in 90° Abduktion (PAT) hat.

Zuletzt bewährte sich die statistische Hypothese  $H_{0,7}$ . Die statistische Vorhersage traf somit zu. Konkret bedeutet das für die Fragestellung der Arbeit, dass eine künstliche, einseitig induzierte, kurzfristige Störung der Okklusion von einem Millimeter keinen Einfluß auf die Zunahme eines Atlashifts hat. Allerdings verfehlte diese nur knapp das Signifikanzniveau, es zeigte sich eine deutliche Tendenz.

Vonseiten der Probandenaussagen konnten keine Hinweise auf eine subjektiv wahrnehmbare Bewegungseinschränkung der Halswirbelsäule festgestellt werden. Die Spannungszunahme im Nacken-Bereich wurde durch die Störung der Okklusion als „eher größer“ interpretiert. Ebenfalls gaben die Probandinnen der Gruppe B in der Untersuchungsbedingung *Treatment* an, dass eine lokale Spannungszunahme im Kieferbereich spürbar war.

## **5. Diskussion**

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit werden nun abschließend hinsichtlich der zugrunde liegenden Fragestellungen und des zu Beginn der Masterarbeit referierten derzeitigen Forschungsstandes diskutiert, wobei gegenwärtig theoretische, nicht fundierte Ergebnisse spekulativ erörtert werden. Dabei sollen zuerst die Ergebnisse der Bewegungsvermessung der HWS, danach die des Fragebogens B bezüglich PAT und Atlashift dargestellt werden. Im Anschluss werden die Ergebnisse des Fragebogens C und zuletzt die Befunde im Zusammenhang verglichen und anhand weiterer Literatur kritisch betrachtet.

### **5.1 Diskussion der Befunde hinsichtlich des theoretischen und empirischen Forschungshintergrundes sowie deren klinische Relevanz**

Die vorliegende Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass eine Änderung der Zahnschließung die Beweglichkeit der Halswirbelsäulenrotation vermindert.

Konkret kommt die vorliegende Untersuchung zu dem Schluss, dass größere, kurzfristige, einseitig induzierte Störungen des Zahnschlusses bei weiblichen Probanden zwischen 12-45 Jahren zu einem Bewegungsverlust insbesondere der oberen HWS-Region führen. Dies gilt für alle drei Bewegungsrichtungen (axiale Rotation nach links, nach rechts und in Summe), die mit den Variablen RoM\_Rot\_sum, RoM\_Rot\_li und RoM\_Rot\_re erfasst wurden. Ebenso konnte eine Zunahme der spezifischen Dysfunktion Atlashift auf der rechten Seite beobachtet werden, welcher allerdings knapp das Signifikanzniveau verfehlte.

Die Ergebnisse aus der Ultraschalltopometrie der HWS unterstützen diese Tendenz.

Es findet sich durch die Änderung der Zahnschließung keine subjektiv wahrnehmbare Bewegungseinschränkung in der Nackenregion. Allerdings kann eine für die Probandinnen wahrnehmbare Spannungszunahme in der Nackenregion sowie in der Kieferregion selbst nachvollzogen werden. Ebenso können die Probandinnen einen Spannungsunterschied zwischen rechtem und linkem Kiefergelenk feststellen.

Die Aussagen der Probandinnen unterstützen somit teilweise die Befunde der Bewegungsanalyse, da eine Spannungszunahme zu einer Abnahme der aktiv ausgeführten Bewegungsauslenkungen führen.

In der Lenden-Becken-Hüftregion, insbesondere der Hüfte (PAT), kann kein Einfluß durch eine Störung der Okklusion festgestellt werden. Dies gilt für die Variablen PAT\_li, PAT\_re und PAT\_sum. Es läßt sich nicht einmal eine Tendenz darstellen.

Die in dieser Arbeit aufgestellten Hypothesen, ob eine Änderung der Zahnschließung einen Einfluss auf die Beweglichkeit der Halswirbelsäule sowie der LBH-Region hat, baut zum Einen auf den Überlegungen zur zervikotrigeminalen Schaltstelle als einem Anteil des Nucleus spinalis nervi trigemini (Schupp 2001), (Hülse, Neuhuber und Wolff 1998), (Hülse & Losert-Bruggner 2002) auf. Durch die übergreifende Entwicklung der Kopf-, Kiefer- und Halsregion kommt es auf neurologischer Basis zu einer Vermischung von trigeminalen und zervikalen Afferenzen. Kortikale Schmerzimpulse werden aus der zervikalen Region in trigeminal versorgte Regionen projiziert und umgekehrt.

Zum Anderen werden funktionelle muskuläre Zusammenhänge des KMS und der HWS-Region beschrieben. Auch soll eine muskuläre Spannungsänderung im KMS eine Spannungsänderung in der posterioren Halswirbelsäulenmuskulatur nach sich ziehen und vice versa.

Die Überprüfung der Theorien führten zur vorliegenden Untersuchung. Im Tierversuch konnte bereits ein Einfluss durch eine geänderte Zahnschließung einer Zahnreihe auf die Körperstatik (Azuma et al. 1999) belegt werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stehen zum Teil im Einklang zu den aufgeführten Theorien. Ein Einfluss auf die Beweglichkeit der HWS im Sinne einer Bewegungseinschränkung findet breite Übereinstimmung (Stark 2005), (Fink et al. 2003), (Alanen & Kirveskari 1984). Der Einfluss auf die Peripherie, insbesondere auf die LBH-Region, steht teilweise in Kontrast zu den aufgeführten Arbeiten (Fink et al. 2003), (Hülse & Losert-Bruggner 2002), (Schupp 2009), (Azuma et al. 1999), (Hu et al. 1993).

Die bei Tieren zitierten positiven Untersuchungsbefunde, insbesondere die Auswirkungen auf die Peripherie wurden allerdings durch eine im Verhältnis zur Lebensspanne eines Versuchstieres *längerfristige* Störung der Zahnschließung (Tage bis Wochen) induziert. Eine Erklärung für die Ergebnisse ist, dass möglicherweise die in dieser Arbeit verwendete *kurzfristige* Störung der Okklusion über den Zeitraum einer halben Stunde nicht geeignet ist, um Bewegungsveränderungen in der LBH-Region zu provozieren. Ebenso scheint die Höhe der Störung von Bedeutung zu sein. In der vorliegenden Arbeit wurde die Okklusion mit einem Millimeter auf der rechten Seite gestört. Hiermit konnte ein Effekt zervikal, nicht aber

peripher belegt werden. Ähnliche Studien an Gesunden (Schupp 2009) konnten mit zunehmender Höhe der Okklusionsstörung -von 0,3-0,9 mm- beobachten, dass dies ebenfalls zu einer Zunahme der Dysfunktionen in der LBH-Region führte. Fink et al. (2003) störte ebenfalls Gesunde mit einer Bisserrhöhung von 0,9 mm und konnte hiermit Effekte in der LBH-Region belegen. Beide Autoren untersuchten allerdings gemischte, also nicht geschlechtsspezifische und kleinere Gruppen. Somit könnte sich die Gruppenselektion, nur weibliche und sportliche Probandinnen zu untersuchen, ebenfalls auf das Ergebnis auswirken. Hülse und Losert-Bruggner (2002) untersuchten hingegen Patienten/innen mit Kopfschmerzen und hochzervikalen Dysfunktionen, keine gesunden Probanden/innen. Durch manualtherapeutische Intervention (HVTLA, High-velocity-thrust-low-amplitude) der bereits länger bestehenden zervikalen Dysfunktionen konnten sie einen signifikanten Einfluß auf den PAT belegen. Die Verbesserung der HWS-Mobilität verschlechterte sich reziprok durch eine erneute Störung der Okklusion.

Diese Erklärung ist umso wahrscheinlicher, da der Autor der vorliegenden Arbeit bereits in einer vorherigen Studie (Klemm 2009) prüfte, ob eine Störung der Okklusion mit 0,75 Millimetern an Gesunden eine Änderung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit provoziert. Hierbei kam es zu keinem positiven Ergebnis. Es konnte nicht einmal ein Bewegungsverlust an der HWS belegt werden. Es erscheint naheliegend, dass die Okklusionshöhe sowie die Probandenselektion einen zentralen Einfluss zeigen auf Bewegungseinschränkungen in der LBH-Region.

Diese Befundlage bietet einige Schlussfolgerungen und Perspektiven für den praktischen und klinischen Alltag. Einerseits zeigt sich eine Einschränkung der Beweglichkeit in der axialen Rotation der HWS. Die Störung der Okklusion auf der rechten Seite zeigt hierbei kein klar ersichtliches asymmetrisches Bewegungsmuster im Sinne einer unilateral eingeschränkten Beweglichkeit. Es zeigt sich ein allgemeiner Bewegungsverlust in der axialen Rotation. Anzunehmen ist ebenfalls eine Tonuserhöhung der hochzervikalen Region durch die Störung und eine hieraus allgemein resultierende Bewegungseinschränkung. Einerseits spricht dafür der symmetrische Bewegungsverlust von insgesamt 11° im Mittel, circa 5° je Seite. Andererseits ist die Beobachtung des Untersuchers, dass es durch die Tonuserhöhung hochzervikal bei vielen Probandinnen unter Treatmentkondition schwer fiel, segmental die Beweglichkeit zu prüfen. Die Spannungszunahme erschwerte eine segmentale Prüfung spezifisch im Segment C0-2 in beiden Gruppen. Es ist anzunehmen, dass der gehaltene Biß

unter Untersuchungsbedingungen hierfür verantwortlich ist. Eine Bewegungseinschränkung zeigte sich jedoch nur unter Treatmentkondition mittels Okklusionsstörung.

Die Zunahme der spezifischen Dysfunktion Atlashift nach rechts verfehlte zwar ein Signifikanzniveau, die ersichtliche Tendenz lässt allerdings einen Zusammenhang zwischen Shift dysfunktionen hochzervikal und CMD okklusodentogener Genese vermuten. Bis dato ist die Pathogenese einer Shift dysfunktion durch Trauma definiert. Sollten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit durch weitere Untersuchungen bestätigt werden, müsste die Pathogenese eines Atlashifts um eine CMD erweitert werden.

Klinisch müsste dann eine okklusodentogene Störung ausgeschlossen werden bei den Befunden:

- Atlashift mit ipsilateral erhöhtem Tonus im M. masseter.
- Beidseits erhöhter Tonus hochzervikal mit bilateral eingeschränkter Rotation.
- Erschwerte Bewegungsuntersuchung hochzervikal durch allgemeine Tonuserhöhung.

Durch die vorliegenden Ergebnisse stellt sich ebenfalls die Frage, ob eine okklusodentogene Störung eher *allgemein* vorhandene hochzervikale Bewegungsasymmetrien im Sinne einer Bewegungseinschränkung *verstärkt*. Insbesondere hochzervikal fanden sich unter Baselinekondition der Gruppe A für das Segment C<sub>0</sub> 60%, im Segment C<sub>1</sub> 64% dezente Bewegungsasymmetrien. In der Gruppe B unter Baselinekondition zeigten für C<sub>0</sub> 69,2% und C<sub>1</sub> 80,6% der Probandinnen eine dezente Asymmetrie. In einer weiteren Sichtung der Daten konnte, abgesehen von der Dysfunktion Atlashift, kein spezielles asymmetrisches Muster durch die Störung aufgezeigt werden. Vorhandene Bewegungsasymmetrien stellten sich eher deutlicher dar. Es ist anzunehmen, dass eine Tonuserhöhung segmental eine vorhandene Asymmetrie im Sinne eines Bewegungsverlustes verstärkt. Dies lässt sich qualitativ in der Ultraschalltopometrie durch einen Bewegungsverlust bestätigen. Da die Asymmetrien individuell unterschiedlich sind, ließe sich hierdurch auch kein einheitliches Muster der Bewegungseinschränkung aufzeigen. Bei einer Gruppengröße von 26 bzw. 20 Probandinnen je Behandlungsarm sollten diese Schlussfolgerungen aber eher zurückhaltend gemacht werden.

Funktionelle Tests, die eine künstliche, kurzfristige Änderung der Okklusion induzieren, werden in der Osteopathie und in der Zahnmedizin sowie auch der Kieferorthopädie verwendet. Zweck dieser Tests ist die Inhibition okklusaler Fehlkontakte oder

okklusodentogener Störungen, um einen bestehenden Zusammenhang mit Funktionsstörungen in der Körperperipherie zu untersuchen. Dass Störungen des KMS Auswirkungen auf die HWS- und Schulter-Nacken Region zeigen, findet eine allgemeine Zustimmung. So konnte Stark (2005) Bewegungseinschränkungen der oberen HWS belegen, Hülse & Losert-Bruggner (2002) provozierten eine reziproke Beeinflussbarkeit der Kopfgelenke auf das KMS, Ferrario et al. (2003) provozierten ein asymmetrisches Kontraktionsverhalten des M. sternocleidomastoideus durch Störung der Okklusion. Nickolackis et al. (2000) konnten Korrelationen zwischen einem vergrößerten Schulterblattabstand zur Mittellinie mit kontralateralem Hypertonus des M. masseter sowie Beckenhochstand bei ipsilateralem Hypertonus des M. Masseter aufzeigen.

Je weiter man in die Körperperipherie geht umso kontroverser wird allerdings die Literatur. Das Ausmaß und die Art der Störung scheinen hierfür evident zu sein (Schupp 2009), (Klemm 2009), (Fink et al. 2003). Dysfunktionen in der lumbopelvischen Region steigen mit zunehmender Höhe der Okklusionsstörung. Auch könnten jüngere und sportlichere Probanden/innen flexibler auf kurzfristige Störungen reagieren und die okklusodentogene Störung im lumbopelvischen Gebiet kompensieren. Patienten/innen mit länger bestehenden funktionellen Beschwerden hochzervikal reagieren sehr zuverlässig auf okklusodentogene Störungen und Beseitigung derselben (Hülse & Losert-Bruggner 2002), gesunde, weibliche junge Patientinnen nicht (Klemm 2009).

Es gibt allerdings einige Fehlerquellen, die die Studienergebnisse in Frage stellen und deshalb im Folgenden näher erläutert werden sollen.

## 5.2 Fehlerdiskussion

Jede durchgeführte Messung ist Fehlerquellen ausgesetzt, die systematischer oder zufälliger Art sein können und damit die Ergebnisse beeinflussen.

Ein systematischer Fehler kann z.B. durch unsachgemäße Handhabung des Messinstrumentes entstehen. Im Fall der vorliegenden Arbeit wurde deshalb auf eine standardisierte Instruktion und ein gleich währendes Setting der Untersuchungssituation geachtet (siehe Anhang C), um gleiche Messabläufe zu gewährleisten. Zudem besaß der Versuchsleiter, welcher die Untersuchungen der Bewegungsanalyse durchführte, eine vierjährige Erfahrung im Umgang mit dem Messsystem und der Messmethode des KMS 10. Dies gewährleistete ein hohes Maß an technischer Kompetenz und Erfahrung im Umgang mit dem Messinstrument.

Verschiedene Untersuchungen beschrieben die Abnahme der HWS-Beweglichkeit um bis zu 10° pro Lebensdekade (Youdas et al. 1992), (Christensen et al. 1998), (Klemm 2005). Ebenfalls bestanden geschlechtsspezifische Unterschiede in der Beweglichkeit (Klemm 2005). Weiterhin verfügen sportlich Trainierte über eine höhere allgemeine Beweglichkeit als Untrainierte. Um die Beeinflussung dieser systematischen Fehler auf die abhängigen Variablen, die die Bewegungsauslenkung erheben, zu verringern, wurde die Stichprobe altersmäßig auf 11 bis 45 jährige Tänzerinnen, Osteopathinnen und Physiotherapeutinnen mit gutem Koordinationsvermögen beschränkt. Es ist allerdings vorstellbar, dass sportlich trainierte und jüngere Menschen die durch die Metalleinlage künstlich hervorgerufenen Funktionsverluste der HWS- und LBH-Region besser kompensieren können.

Insgesamt wurden - um die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung der Ergebnisse durch systematische Fehlerquellen zu minimieren - die Probandinnen den verschiedenen Versuchsbedingungen zufällig zugewiesen.

Zufällige Fehler beruhen auf Ungenauigkeiten in der Handhabung des Messinstrumentes sowie in der natürlichen Variabilität biologischer Vorgänge. Ein zufälliger Fehler kann sowohl zu einer Vergrößerung als auch zu einer Verminderung eines Messergebnisses führen und ist eine Ursache dafür, dass eine wiederholte Messung oft zu abweichenden Ergebnissen führt.

Konkret beschrieben Christensen et al. (1998) hieraus resultierende Messfehler bei Bewegungsvermessungen der HWS:

- eine Variationsbreite von 12-20° pro Bewegungsumfang
- Bewegungsunterschiede von bis zu 10° zwischen Rotation rechts und links bei einem Individuum

Durch Mittelwertbildung nach mehrfacher Wiederholung der Messung lässt sich der zufällige Fehler vermindern. Bei der Bewegungsanalyse der HWS wurde deshalb jede gegensätzliche Bewegung dreimal ohne Unterbrechung durchgeführt. Mittels Software des CMS 10 wurde automatisch der entsprechende Mittelwert für jede Bewegung bestimmt.

Schon vor Studienbeginn war aufgrund der Einschränkungen der Stichprobe mit einem geringen Stichprobenumfang zu rechnen. Aus der Arbeit von Klemm (2009) wurde eine notwendige Stichprobengröße von  $n=26$  je Behandlungsarm für die Effektstärke der Treatmentgruppe berechnet. Die Kontrollgruppe fiel durch die Randomisierung mittels Briefwahl kleiner aus mit  $n=20$ . Trotzdem sollte aufgrund der geringen und ausschließlich weiblichen Stichprobe auf eine Verallgemeinerung der Ergebnisse verzichtet werden.

Probleme der Analyse bei Mehrfachmessungen an derselben Stichprobe können sich durch Periodeneffekte oder „Carry-over-Effekte“ ergeben. Ein Periodeneffekt wäre beispielsweise durch das Lernen der Bewegungsabläufe mit einer daraus resultierenden besseren Beweglichkeit gegeben. Beim „Carry-over-Effekt“ besitzt die erste Behandlung eine unerwünschte Wirkung auf die zweite und beeinflusst damit die Ergebnisse der zweiten Messung. Durch die Verwendung einer Varianzanalyse mit Messwiederholung konnte ein tendenzieller Carry-over Effekt für RoM\_Rot\_sum festgestellt werden, der sich aber durch Mittelwertsvergleiche nicht weiter bestätigen ließ.

Die Untersuchung einer CMD ist komplex. Sie erfolgt nach Ahlers (2004) durch einen dreischichtigen Aufbau. Die oberste Ebene unterscheidet Initialdiagnosen, Nebendiagnosen und Differentialdiagnosen. Alle drei werden auf Basis der hierzu erweiterten klinischen Funktionsanalyse gestellt. Dabei begründen Initialdiagnosen eine zahnärztliche Behandlung, während Nebendiagnosen konsiliarisch mitzubehandeln sind. Differentialdiagnosen haben ausschließenden Charakter und führen zur Überweisung an den jeweiligen Facharzt. In der

zweiten Ebene werden die Initial- sowie die Nebendiagnosen jeweils in Hauptgruppen unterteilt. Bei den Initialdiagnosen lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden, die Myopathie, die Arthropathie sowie die Okklusopathie. In der dritten Ebene erfolgt die eigentliche Eingrenzung der Art der Funktionsstörung, die schließlich die Zuordnung zu adäquaten Therapieansätzen und deren Bewertung ermöglicht. Insgesamt ist das System so ausgelegt, dass es der weichenstellenden Funktion einer differenziert ausgewerteten klinischen Funktionsanalyse entspricht und so auch ‚medizinische‘ Befunde ermöglicht.

In dieser Arbeit wurde zuerst die Analyse auf erster Ebene, d.h. die vier Leitsymptome der CMD (nach Kopp, Sebald & Plato 2000), in einem klinischen Gespräch erfasst. Jedes einzelne positive Zeichen wie Einschränkung der Mundöffnung (durchgeführt durch den drei Querfinger-Schnelltest, einem Test in dem die Mundöffnung mittels drei übereinander gelegten Fingern des Patienten/in getestet wird), Schmerzen bei Bewegung des Kiefers sowie Geräusche bei Bewegung und die Frage: „Haben Sie Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden?“ (Reißmann et al. 2009) führte zum Ausschluss aus der Studie.

Hiernach wurden alle in der Studie verbleibenden Probandinnen zusätzlich mittels RDC-TMD-G untersucht. Somit durchliefen alle Teilnehmer eine komplette Funktionsdiagnostik mit klinischer Inspektion intraoral, manualmedizinischer Untersuchung des TMG, Palpation der lokalen und regionalen Muskulatur. Nach den in dieser Arbeit durchgeführten Analysen zeigte keine der Probandinnen das Symptommovollbild einer CMD (Kopp, Sebald & Plato 2000) und alle Probandinnen hatten eine Mundöffnung von  $\geq 40$  mm. Letzteres ist für Tschernitschek (2005) die untere Grenze des Normwertes. Trotzdem könnte diese Analyse zu einem Übersehen von Probandinnen mit CMD geführt haben, allerdings erscheint die Möglichkeit eher gering.

Um CMD-Schmerzpatienten herauszufiltern oder eine schmerzassoziierte CMD-Diagnose als unwahrscheinlich gelten zu lassen, haben Reißmann et al. (2009) eine Kurzfassung des RDC-TMD entwickelt. Mittels einer Frage („Haben Sie Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden?“) ergab sich ein positiver Vorhersagewert von 80 % und ein negativer Vorhersagewert von  $> 99,8\%$ . Dies bedeutet, dass Patienten, die die Frage nach Gesichtsschmerzen verneinen, zu über 99 % auch an keiner schmerzhaften CMD leiden. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Frage für die Diagnostik in erster Ebene verwendet. Alle Probandinnen, welche nach Verneinen dieser Frage mittels RDC-TMD-G nachuntersucht wurden, zeigten ebenfalls einen negativen Befund desselben. Dieses Ergebnis bestätigt die

Aussage von Reißmann et al. (2009) und unterstützt die Aussage, dass alle Probandinnen der vorliegenden Arbeit ohne Dysfunktion im KMS waren.

### **5.3 Vergleiche zu weiteren Arbeiten**

Im Einklang mit dem Ergebnis der vorliegenden Arbeit beschrieb Fink et al. (2003) durch eine einseitige Bisserrhöhung links von 0,9 mm, ebenfalls an gesunden Probanden/innen, eine Funktionseinschränkung von C0-3, sowie eine Spannungserhöhung der hochzervikalen Muskulatur. Im Gegensatz zu den Ergebnis der vorliegenden Arbeit beschrieb Fink (ebd.) in der LBH-Region mittels Derbolowsky-Zeichen, Spine Test und Vorlauf-Test signifikante Unterschiede im Sinne einer Hypomobilität des linken SIG. Der Patrick-Kubis Test (Hyperabduktion der Hüfte in Flexion) verfehlte knapp das Signifikanzniveau.

Fink (ebd.) untersuchte die Spannungsunterschiede palpatorisch und die Bewegungseinschränkung der HWS und SIG sowie Cox manualtherapeutisch, also qualitativ. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Bewegungsamplitude der oberen HWS durch eine Bewegungsanalyse quantitativ als auch qualitativ gemessen. In beiden Arbeiten wurden nur kleine Stichproben getestet. Die von Fink (ebd.) untersuchten Probanden/innen waren zudem älter (23,5 Jahre im Mittel) und die Probandengruppe gemischt (12 weiblich, 8 männlich). Dies und die unterschiedliche Messmethode und Erfassung von Funktionsstörungen der Halswirbelsäule sowie LBH-Region sowie eine unterschiedliche Höhe der Okklusionsstörung müssen beim folgenden Vergleich der Ergebnisse beider Arbeiten berücksichtigt werden.

Wiederholt untersuchte Fink et al. (2003) die gleiche Stichprobe. Im ersten Messlauf erfolgte eine Basisuntersuchung ohne gehaltenen Biss. Ziel hiervon war es, zervikale und sakroiliakale Bewegungseinschränkungen auszuschliessen, als Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie. Im zweiten Messlauf wurde an allen Teilnehmern die Okklusion links mit gehaltenem Biss gestört und erneut getestet. Der dritte Messlauf erfolgte ebenfalls ohne Okklusionstörung und ohne gehaltenen Biss. Der unterschiedliche Aufbau von Fink (ebd.) und die rein manualtherapeutische quantitative Zählung von Dysfunktionen ohne Messung des Bewegungsausmasses qualitativ, könnten eine Erklärung für die Ergebnisse zervikal und lumbopelvisch sein.

In der vorliegenden Arbeit kam es ebenfalls unter Untersuchungsbedingungen zu einer Zunahme der restriktiven Dysfunktionen in der LBH-Region, allerdings in beiden Gruppen. Auch die Gruppe A (*Control*) zeigte hier eine Zunahme. Die Blockaden blieben in beiden

Gruppen in Untersuchungsbedingungen recht konstant. Hierfür wäre entweder eine durch den einfachen Biss entstandene Tonuserhöhung vorstellbar, welche sich auch im lumbopelvischen Gebiet durch Verstärken der vorhandenen Asymmetrie auswirkt. Ebenso könnte hierfür die Befangenheit des Untersuchers in den Untersuchungsbedingungen verantwortlich sein. Der Autor verblindete aus diesem Grund die Untersuchung, in der Arbeit von Fink erfolgte dies nicht.

Hülse & Losert-Bruggner (2002) untersuchten eine gemischte Stichprobe mit vorhandener Kopfgelenksdysfunktion und Symptomen wie Schwindel, Hörstörung oder Kopfschmerzen. Der Untersuchungsgang umfasste eine manualtherapeutische Untersuchung der Kopfgelenke, die unter Bisskontakt der PAT gemessen wurde. Danach erfolgte die Untersuchung der Kiefergelenke. Hiernach wurde die Okklusion auf der betroffenen Seite und auf der nichtbetroffenen Seite nacheinander mit zwei Streifen Papier auf dem zweiten und ersten Prämolaren gehemmt. Wiederum erfolgte eine Vermessung mittels PAT, mit Hemmung der Okklusion. Danach wurden wiederum die Papierstreifen entfernt und mittels PAT gegen getestet. Zuletzt erfolgte die Deblockierung der Kopfgelenke und ein erneutes Messen des PAT. Die Ergebnisse des PAT änderten sich signifikant und im Mittel um  $15^\circ$ , sowohl durch die artifizielle Störung der Kiefergelenke als auch durch die HWS-Manipulation. Die Stichprobenselektion, welche eine längerfristig bestehende Problematik der oberen HWS aufweist, erscheint hier relevant. Fink und Klemm (ebd.) störten die Okklusion bei Gesunden und konnten Effekte hochzervikal belegen, Fink zusätzlich am SIG. Der PAT fiel bei Fink und Klemm (ebd.) negativ aus, wobei Fink eine Tendenz Richtung Signifikanz darstellen konnte. Diese Ergebnisse weisen einerseits darauf hin, dass längerfristige Störungen einen deutlicheren Einfluss haben. Zusätzlich zeigen die Patienten/innen bei Hülse & Losert-Bruggner (2002) bereits Symptome, welche darauf schließen lassen, dass die Kompensationsmöglichkeiten der Patienten/innen zervikal ausgeschöpft sind.

In diesem Zusammenhang kann auch eine Dominanz der Halswirbelsäule auf das KMD diskutiert werden. Obwohl wechselseitige Einflüsse nicht von der Hand zu weisen sind, sprechen doch einige Fakten hierfür. So verbesserten sich der PAT bei Hülse & Losert-Bruggner (ebd.) nach HWS- Manipulation im Mittel über  $20^\circ$ , durch die Störung der Okklusion nur um etwa  $15^\circ$ . Hülse, Neuhuber & Wolff (1998) beschrieben diese Dominanz ebenfalls. Aber auch Tierversuche (Bartsch & Goadsby 2002) zum Thema CMD und HWS weisen in diese Richtung. Die Autoren (ebd.) infiltrierten an Ratten hochzervikal Senföl (einem entzündungsverursachenden Agens) und provozierten hiermit eine nozizeptive

Stimulation, welche in die trigeminal versorgte Kopf- und Kieferregion projiziert wurde. Mit denselben Mitteln können nozizeptive Afferenzen aus trigeminal versorgtem Gebiet in die zervikale Region projiziert werden. Durch nozizeptive Stimulierung trigeminal versorgten Gewebes wird eine erhöhte Empfindlichkeit in hochzervikal versorgte Gebiete beschrieben (Bartsch & Goadsby 2003). Die sensiblen trigeminalen und zervikalen Afferenzen werden somit kortikal in beide Regionen projiziert. Bei den muskulären Verbindungen stellt sich dies nicht dar.

Hu et al. (1993) konnten an Ratten durch Infiltration von Senföl in die subokzipitale Muskulatur per EMG-Messung eine Tonuserhöhung in der subokzipitalen Muskulatur sowie in der kieferführenden Muskulatur nachweisen. Umgekehrt gelang dies nicht. Yu et al. (1995) erreichten durch die Infiltration von Senföl in die Kieferregion nur eine lokale Tonuserhöhung der Kiefermuskulatur und keine in der HWS-Region.

Die Ergebnisse der Tierversuche unterstützen diese Hypothese einer Dominanz der HWS auf das KMS.

Der Autor dieser Arbeit schlägt insofern zukünftige Studien mit größerer und gemischter Stichprobe vor. Ebenfalls erscheint es sinnvoll, Patienten mit länger bestehenden Dysfunktionen zervikal als auch kranio-mandibulär spezifisch zu untersuchen und hierauf spezifisch zu behandeln (Hülse & Losert-Bruggner 2002), (Kirveskari & Alanen 1989). Wenn möglich sollte die Untersuchung verblindet werden und das verwendete Design einer RCT entsprechen.

Entfernt man sich vom osteopathischen Gedankengang einer peripheren Bewegungs-veränderung der HWS durch die Störung der Okklusion und zieht Studien aus anderen medizinischen Bereichen, z.B. der Zahnmedizin, zu Rate, so wird hier der Einfluss okklusaler Faktoren auf die Ätiopathogenese einer CMD oder TMD eher gering gewertet (siehe De Kanter (1990) in einer Zusammenfassung über 42 Artikel zur Ätiologie einer TMD). De Kanter (ebd.) verglich in einem weiteren Schritt die Ergebnisse der Recherche mit der landesweiten Untersuchung an 2718 Probanden/innen in den Niederlanden (de Kanter, 1990) und kam ebenfalls zu dem Schluss, dass der Einfluss okklusaler Faktoren in der Ätiopathogenese einer TMD eher gering einzuschätzen ist. Ebenfalls kamen Conti et al. (1996) in einer Querschnittstudie an 310 Studenten zu dem Ergebnis, dass die Okklusion selbst

keinen Einfluss auf das Vorhandensein oder den Schweregrad einer TMD ausübt. Ebenso untersuchten Sarita et al. (2003) das Vorkommen von Anzeichen und Symptomen einer TMD bei 600 Erwachsenen mit verkürzten Zahnreihen und verglichen sie mit einer Kontrollgruppe (n = 125) mit vollständigen Zahnreihen. Es gab keinen Hinweis dafür, dass verkürzte Zahnreihen TMD-Anzeichen und -symptome provozieren. Desgleichen kamen Türp & Schindler (2003) in einer Übersichtsarbeit zur Thematik TMD und Okklusion zu ähnlichen Ergebnissen, in der sie publizierte Studien zwischen 1979 und 2003 verglichen. Sie behaupteten weiterhin, dass morphologisch okklusale Abweichungen nicht die Gewichtung in der Ätiologie einer TMD zukommt, wie in der Vergangenheit angenommen.

Zum Thema Okklusion geben Kirveskari, Alanen & Jämsä (1989) eine mögliche Brücke für die Inkongruenz der Arbeiten. Sie beschreiben, dass in den meisten vorliegenden Studien ein bestimmtes Design vorherrscht. Es handelt sich meist um Querschnittstudien, in denen CMD-Patienten mit einer Stichprobe von Gesunden verglichen werden. Sie untersuchten aus diesem Grund (ebd.) 99 Patienten/innen mit CMD, teilten diese in eine Verum- (n=53) und eine Kontrollgruppe (n=46) ein. Über den Zeitraum von drei Jahren erfolgte in der Verumgruppe das Einschleifen der Interferenzen, die Kontrollgruppe bekamen Placebo-einschleifmaßnahmen. Die Autoren (ebd.) kamen zu dem Schluss, dass eine Abnahme der Interferenzen mit einer Abnahme der CMD-Symptome korrelierten.

Dies konnten Kirveskari & Jämsä (2009) in ihrer Untersuchung an 112 Patientinnen, welche durch ihre körperliche Arbeit als Angestellte ihre zervikobrachiale Muskulatur belasteten, ebenfalls belegen. In einem ähnlichen Design wurden über vier Jahre alle zwölf Monate Interferenzen in der Verumgruppe eingeschliffen, die Kontrollgruppe erhielten Placebobehandlungen. Die Zielvariable war eine spontane Anfrage für eine Behandlung der Kopf- und Nackenregion. Das Beseitigen der Interferenzen führte zu einer signifikant reduzierten Anfrage nach Behandlungen von Symptomen in der Kopf- und Nackenregion. Die Autoren (ebd.) folgern hieraus, dass okklusale Interferenzen ein Gesundheitsrisiko bergen.

Für die vorliegende Arbeit ist die Aussage relevant, dass CMD-Patienten kein klar ersichtliches Krankheitsbild abgeben. Warum verursachen bei einigen Personen okklusale Störfaktoren Symptome und bei anderen nicht? Sicherlich spielt der Faktor Zeit eine Rolle, ebenso wie die Tatsache, dass die Betroffenen die Symptome kausal nicht mit einem Kiefergelenksproblem in Zusammenhang bringen. Parafunktionen wie Knirschen oder Pressen verstärken zusätzlich die CMD-Symptome.

In diesem Zusammenhang werden kranio-mandibuläre Veränderungen als prädisponierender Faktor für Erkrankungen der HWS diskutiert (Alanen & Kirveskari 1984). Ebenso zeigen Patienten/innen mit CMD häufiger asymptomatische vertebrale Funktionsstörungen und eine erhöhte Druckempfindlichkeit der Nacken- und Schultermuskulatur (Fink et al. 2002). Stark (2005) untersucht in seiner Dissertationsarbeit 100 CMD-Patienten/innen durch Bewegungsanalyse mittels Ultraschalltopometrie, dem CMS 70 der Firma Zebris und vergleicht sie mit einer gesunden Kontrollgruppe. Er findet eine eingeschränkte HWS-Beweglichkeit der CMD-Patienten. Dies zeigt sich ebenfalls in der Studie von Klemm (2005), in der mit dem gleichen Messsystem insbesondere bei Patienten mit CMD eine verringerte Beweglichkeit der oberen HWS-Region gefunden wurde. Patienten/innen mit CMD zeigen also mehr Funktionsstörungen zervikal, erhöhte Druckempfindlichkeit nuchal bei herabgesetzter Beweglichkeit der HWS (ebd.).

Fischer et al. (2008) untersuchten 132 Patienten/innen mit Verblindung des Untersuchers. Von diesen zeigten 97 neuromuskuläre Erkrankungen, 15 mit komplex-regionalem Schmerzsyndrom (CRPS Typ1) sowie 20 Gesunde. Die Untersuchungsparameter waren Schmerzintensität, Schmerzlokalisierung und der Grad der CMD mittels RDC-TMD-G und dem temporomandibulären Index. Korrelationen zeigten sich zwischen der Höhe der Schmerzintensität und dem Grad der Dysfunktion im KMS. Ebenso zwischen Schmerzlokalisierung und der Dysfunktion. Patienten/innen, welche ihre Schmerzen auf der rechten Körperhälfte angaben, zeigten signifikant vermehrt rechts Störungen im KMS, das Gleiche galt für die linke Seite.

Den höchsten Grad an Dysfunktionen zeigten Patienten/innen mit der Diagnose CRPS Typ 1. CRPS Typ 1-Betroffene sind ebenfalls Patienten/innen, welche multifforme und komplexe Beschwerden aufweisen. Geringfügig erscheinende Befunde der Betroffenen stehen oft einer eher inadäquaten Reaktion des Individuums, bezogen auf die klinisch angegebenen Symptome, gegenüber. Parallelen der Symptombilder und Befunde findet man häufig bei CMD-Patienten (ebd.).

Betrachtet man den Menschen aus osteopathischer Sicht als untrennbare Einheit, so treten bei näherer Betrachtung des kraniozervikalen Überganges sowie des KMS einige Fragen auf.

Diese Arbeiten beziehen sich auf Patienten mit einem längerfristigen, teilweise über Jahre bestehenden Krankheitsbild. Möglicherweise zieht dies Kompensationsmechanismen auf neurologischer, mechanischer und vielleicht später sogar auf struktureller Ebene nach sich.

Auf diese Weise wären Änderungen in der Muskulatur sowie in den Gelenken nachvollziehbar. Fasziale, neurologische, muskuläre und neurovegetative Verbindungen aus multiplen Regionen laufen im kraniozervikalen und kranio-mandibulären Komplex zusammen. Betrachtet man alleine die mannigfaltigen Zuflüsse auf neurologischer Ebene im Segment C0-2 (Abbildung 10, Seite 38) unterstützt dies die multifforme Symptomatik einer CMD.

Abschließend läßt sich Folgendes zusammengefasst für die vorliegende Arbeit festhalten:

Der osteopathische Ansatz, auf mechanischer Ebene Mobilität der Gewebe wiederherzustellen, erscheint bei Patienten/innen mit CMD vielversprechend. Osteopathen begrenzen sich nicht nur auf das Behandeln der geschädigten oder beschwerdeverursachenden Strukturen, sondern versuchen die Gewebemobilität und -versorgung einer Beschwerderegion optimal zu gestalten und zwar auf neurologischer, neurovegetativer, mechanischer und vaskulärer Ebene. Eine osteopathische Behandlung sollte stets auf eine Homöostase für die Beschwerderegion abzielen. Natürlich gibt es hier Grenzen; wie jede Disziplin braucht auch ein Osteopath die „richtigen“ Patienten. Strukturelle Pathologien schränken das osteopathisch mögliche Behandlungsspektrum ebenso ein wie psychische und genetische Faktoren.

Nach Schein (2002) weisen über 60% der Bevölkerung okklusodentogene Abweichungen vom Idealzustand auf, eine ähnliche Verteilung weisen Bruxismus als Parafunktion sowie auch dezente Asymmetrien insbesondere der oberen Halswirbelsäule (Klemm 2005 & 2009) auf. Zehn Prozent der erwachsenen Bevölkerung weisen nach Kopp, Sebald & Plato (2002) eine behandlungswürdige CMD auf. Die Funktionalität dieser Regionen wiederherzustellen unter den oben genannten Gesichtspunkten, bedeutet auch, den/die Patienten/innen wieder in die Kompensation zu bringen oder wenn möglich sogar sogar kausal zu therapieren. Bei einem komplexen Beschwerdebild wie der CMD sollte dies nicht auf das beseitigen von Interferenzen, manueller Therapie der Kopfgelenke und weiteren lokalen physikalischen Maßnahmen beschränkt sein. Fasziale Einflüsse werden als Ursachen für veränderte Unterkieferpositionen diskutiert (Schindler et al. 2010), neurologische (Hülse, Neuhuber & Wolff 1998), muskuläre (Fink et al. 2003) sowie kraniosakrale (Wühr 2006) Verbindungen geben ein breites Behandlungsfeld für den Osteopathen. Diese funktionellen Störungen im parietalen, kraniosakralen und viszeralem System zu finden und mittels holistischem Ansatz auf mechanischer Ebene zu behandeln ist die Stärke der Osteopathie.

Insbesondere bei einem Beschwerdebild wie CMD kann die Osteopathie durch ihre Funktionalität und deren Behandlungsansatz *pari pro toto* Wertvolles leisten. Wie so oft wird

bei diesen komplexen Störungsbildern ein interdisziplinärer Behandlungsansatz für eine kausale Therapie notwendig sein.

## **6. Schlussfolgerung**

Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob eine einseitige, kurzfristige künstliche Störung der Okklusion bei elf bis 45-jährigen Probandinnen einen Einfluss auf das Bewegungsausmaß der HWS- sowie der LBH-Region hat. Die Störung der Okklusion erfolgte mittels einer Zinnfolie mit einer Höhe von 1,00 mm. Die Zinnfolie wurde hierfür rechtsseitig durch den Biss der Probandinnen zwischen dem ersten Molar und Prämolare fixiert. Die Messung der HWS-Bewegungsausmaße wurde mittels ultraschallgekoppelter dreidimensionaler Bewegungsanalyse, dem CMS 10 der Fima Zebris Medical GmbH durchgeführt, die segmentale Bewegungsuntersuchung sowie Tonuspalpation der Muskulatur von HWS und LBH-Region mittels standardisierter manueller Testreihen.

### **6.1 Vorgehensweise der Studie**

Nach Auswahl der Einschluss- und Ausschlusskriterien erfolgte eine Untersuchung des KMS mit dem standardisierten Erhebungsbogen (RDC-TMD-G). Das Studiendesign entsprach einer multizentrischen, randomisierten, kontrollierten doppelblinden klinischen Untersuchung. Hierfür wurden 46 Probandinnen in die Gruppen A (n=20) und B (n=26) per Briefwahl aufgeteilt. Beide Gruppen wurden mit einer Eingangsmessung (Baseline) per Ultraschalltopometrie und standardisierter Bewegungsuntersuchung von HWS und LBH-Region untersucht. Gruppe A durchlief nach einer „Washout-Periode“ die Kontrollmessung ohne Störung der Okklusion (*Control*). Gruppe B durchlief nach der „Washout-Periode“ die Treatmentbedingung (*Treatment*) mit artifizieller Störung der Okklusion.

Nach Abschluss der Messläufe wurden die Probandinnen der Gruppe B mit einem weiteren Fragebogen unter Verwendung einer Likert-Skala befragt. Die Probandinnen sollten bezüglich Bewegungs- oder Spannungsänderungen durch die Störung der Okklusion in der Kiefer- und HWS-Region ihre subjektive Einschätzung abgeben. Weitere untersuchte, gemessene sowie beurteilte Parameter sind Korrelationen zwischen den einzelnen Parametern und Daten aus den HWS-Messläufen und den beiden Probandenfragebogen.

### **6.2 Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung**

Konkret bedeutete dies für die Fragestellung der Arbeit, dass eine künstliche, einseitig induzierte, kurzfristige Störung der Okklusion einen Einfluß auf die Beweglichkeit der axialen Rotation der Halswirbelsäule im Sinne eines Bewegungsverlustes hatte. Darüber hinaus konnten seitens der Probandenaussagen Hinweise auf eine subjektiv wahrnehmbare Spannungszunahme im Nacken-Bereich gefunden werden, ebenso wie eine lokale

Spannungszunahme im Kieferbereich. Ein subjektiv empfundener Bewegungsverlust der Halswirbelsäule ließ sich nicht feststellen. In der osteopathischen manuellen Bewegungsuntersuchung verfehlte die Zunahme der spezifischen Dysfunktion Atlashift knapp das Signifikanzniveau, es zeigte sich allerdings eine tendenzielle Zunahme der Dysfunktion unter Störung der Okklusion. In der LBH-Region konnte mittels Priener Abduktionstest (PAT) kein Einfluß durch die Störung der Okklusion festgestellt werden.

Klinisch sollte somit bei einer bilateralen axialen Rotationseinschränkung der oberen HWS ebenfalls an eine bestehende Dysfunktion im KMS gedacht werden und vice versa. Die spezifische Dysfunktion Atlashift sowie eine erschwerte segmentale Bewegungsuntersuchung der oberen HWS zeigten durch die okklusodentogene Störung ebenfalls ein gehäuftes Auftreten und können als zusätzliche diagnostische Hinweise bei bestehender CMD dienen.

Peripher in der LBH-Region scheint die kurzfristige Okklusionsstörung an gesunden, jungen, weiblichen und sportlichen Probandinnen jedoch kompensierbar. Kurzfristige Störungen der Okklusion zeigen hier keinen Einfluß auf den PAT, es lässt sich nicht einmal eine Tendenz ersehen. Aufgrund der Wahl der rein weiblichen Stichprobe sollte allerdings von einer Verallgemeinerung der Ergebnisse abgesehen werden.

## Bibliographie

- Ahlers, Oliver M. und Jakstat, Holger A.: Einteilung und Nomenklatur. In: Klinische Funktionsanalyse. Interdisziplinäres Vorgehen mit optimierten Befundbögen, (eds. Ahlers, M.O. and Jakstat, H.A.) 2, 2001, 43.
- Alanen, Pentti und Kirveskari, Pentti: Occupational cervicobrachial disorder and temporomandibular joint dysfunction. In: J.Craniomandib.Pract. 3,1984, 69.
- Albert, E.: Erkrankungen des Kiefergelenkes. In: Handbuch der Zahnheilkunde, (ed. Scheff, J.) Vol II., 1892, Wien: Alfred Hölder.
- Annandale, T.: On displacement of the interarticular cartilage of the lower jaw and its treatment by operation. In: Lancet, 1, 1887, 411.
- Azuma, Yoshiaki/ Maehara, K./ Tokunaga, T./ Hashimoto, M./ Ieoka, K. und Sakagami, H.: Systemic effects of the occlusal destruction in guinea pigs. In: Vivo, 13, 1999, 519-524.
- Bartsch, Thorsten und Goadsby, Peter J.: Stimulation of the greater occipital nerve induces increased central excitability of dural afferent input. In: Brain, 125, 2002, 1496-1509.
- Bartsch, Thorsten und Goadsby, Peter J.: Increased responses in trigeminocervical nociceptive neurons to cervical input after stimulation of the dura mater. In: J.Brain, 126, 2003, 1801-1813.
- Bauer, W.: Anatomische und mikroskopische Untersuchungen über das Kiefergelenk unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen bei Osteo-Arthritis deformans. In: Z. Stomatol, 30, 1932, 1136.
- Brenner, Elisabeth: Temporomandibular- and Hip joint- an osteopathic relation? Masterthesis an der Donau Universität Krems, März 2007.
- Bjorne, Assar und Agerberg, Göran: Symptom relief after treatment of temporomandibular and cervical spine disorders in patients with Meniers disease: a three Year-follow-up. In: Cranio, 21/1, 2003, 50-60.
- Bulgheroni, Maria V./ Antonaci, Fabio/ Ghirmai, Sara/ Sandrini, Giorgio/ Nappi, Giuseppe und Pedotti Antonio: A 3D kinematic method for evaluating voluntary movements of the cervical spine in humans. In: Funct.Neurol, 13, 1998, 239-245.
- Cairns, Brian E./ Sessle, Barry J. und Hu, James W.: Characteristics of Glutamate-evoked Temporomandibular Joint Afferent Activity in the Rat. In: J.Neurophysiolog, 85, 2001, 2446-2454.
- Carossa, Stefano/ Catapano, Santo/ Previgliano, Valter und Preti, Giulio: The incidence of craniomandibular disorders in patients with cervical dysfunctions. A clinico-statistical assessment. In: Minerva Stomatol, 42, 1993, 229-233.

- Choi You-Sung/ Choung Pill-Hoon/ Moon Hyok-Soo und Kim Seon-Gon: Temporomandibular disorders in 19-year-old korean men. In: J.Oral MaxillofacSurg, 60/7, 2002, 797-803.
- Christensen, Henrik W und Nilson, Niels G.: Natural variation of cervical range of motion: a one-way repeated-measure design. In: J.manipulative PhysiolTher, 21/6, 1998, 383-7
- Clark, Glenn T./ Green, E.M./ Dornan, M.R. und Flack, V.F.: Craniocervical dysfunction levels in a patient sample from a temporomandibular joint clinic. In: J.Am.Dent.Assoc: 115, 1987, 251–256.
- Coenen, Wilfrid: Manuelle Medizin bei Kindern- eine entwicklungsneurologische Indikation. In: Man.Med, 39, 2001, 195-201.
- Conti, Paulo C.R./ Ferreira, Patricia M./ Pegoraro, Luiz F./ Conti, J.V. und Salvador, M.C.G.: A cross-sectional study of prevalence and etiology of signs and symptoms of temporomandibular disorders in high school and university students. In: J.Orofac.Pain, 10/3, 1996, 254-262.
- Costen, James B.: Syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of Temporomandibular joint. In: Ann.Otol.Rhin.Laryngol, 3, 1934, 1-4.
- Cuccia, Antonia und Caradonna, Carola: The Relationship between the stomatognathic System and Body Posture. In: Clinics, 64/1, 2009, 61-66.
- Darwin, Charles: Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Stuttgart:E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1860. Nachdruck: Reclam, 1976, pp. 3071-3080.
- De Kanter, Rob J.A.M.: Prevalence and etiology of craniomandibular dysfunction. Habilitationsschrift an der Universität of Nijmegen (NL), Nijmegen 1990.
- De Laat, Antoon/ Meulemann, H./ Stevens, A. und Verbeke, G.: Correlation between cervical spine and temporomandibular disorders. In: Clin.Oral.Investig, 2/2, 1998, 54-57.
- De Wijer, Anton/ Steenks, Michel. H./ de Leeuw, Rob J./ Bosman, F. und Helders, P.J.: Symptoms of the cervical spine in temporomandibular and cervical spine disorders. In: J.OralRehab, 23, 1996, 742-750.
- Dvir, Zeevi und Prushansky, Tamara: Reproducibility and instrument validity of a new ultrasonography-based system for measuring cervical spine kinematics. In: Clin.Biomech, 15/9, 2000, 658-664.
- Dvorak, J./ Antinnes, J.A./ Panjabi, M./ Loustalot, D. und Bonomo, M.: Age and gender related normal motion of the cervical spine. In: Spine, 17, 1992, 393-8.

- Egermark, Inger/ Blomqvist, John E./ Cromvik, Ulf und Isaksson, Sten: Temporomandibular dysfunction in patients treated with orthodontics in combination with orthognatic surgery. In: J.of orthodontics, 22, 2000, 537-544.
- Egermark, Inger/ Carlsson, Gunnar E./ Magnusson, Tomas und Thilander, B.: A longitudinal study on malocclusion in relation to signs and symptoms of cranio-mandibular disorders in children and adolescents. In: J. of Orthodontics, 12/4, 1990, 399-407.
- Eriksson, Per-O./ Haggman-Henrikson, Birgitta/ Nordh, E. und Zafar, H.: Co-ordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. In: J.Dent.Res, 79/6, 2000, 1378-1384.
- Ferrario,V.F./ Sforza, Chiarella Dellavia und Tartaglia Gianluca .M.: Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle. In: Journal of Oral Rehabilitation, 30, 2003, 34-40.
- Feipel, Véronique/ Rondelet, Benoit/ Le Pallec, J und Rooze, Marcel A.: Normal global motion of the cervical spine; an elektrogoniometric study. In: Clin.Biomech, 14, 1999, 462-470.
- Fink, Matthias/ Stiesch-Scholz, Meike und Tschernitschek, Harald: Asymptomatic cervical spine dysfunktion (CSD) in Patients with internal derangement of the temporomandibular joint. In: Cranio, 20/3, 2002, 192-197.
- Fink, Matthias/ Tschernitschek, Harald/ Stiesch-Scholz, Meike und Wähling, Knut: Kraniomandibuläres System und Wirbelsäule. Funktionelle Zusammenhänge mit der Zervikal- und Lenden-Becken-Hüft-Region. In: Manuelle Medizin, 41, 2003, 476-480.
- Fischer, Michael J./ Riedlinger, K./ Hoy, Ludwig/ Gutenbrunner, Christoph und Bernateck, Michael: Abhängigkeit von extrakranieller Schmerzlokalisierung und Dysfunktionen im kraniomandibulären System. In: ManMed, 46, 2008, 401-406.
- Gelb, Harold und Arlen, Harold: Clinical management of head, neck, and TMJ pain and dysfunction: a multi-disciplinary approach to diagnosis and treatment / edited by Harold Gelb. Philadelphia: Saunders, 1985.
- Gracovetsky, Serge A/ Newman, Nancy M./ Richards, M.P/ Asselin Steeve/ Lanzo, V.F. und Marriott, A.: Evaluation of clinician and machine performance in the assessment of low back pain. In: Spine, 23, 1998, 568-575.
- Gray, Henry: Gray's anatomy. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1980, 36 edition.
- Guzay, C.M.: Introduction to the quadrant theorem. In: J.Basal Facts, 1/4, 1976, 153-160.
- Hager, Willi/ Spies, Kordelia und Heise, Elke: Versuchsdurchführung und Versuchsbericht. Ein Leitfaden. Göttingen: Hogrefe, 2006, 2. Auflage.

- Haeckel, Ernst: Systematische Phylogenie. Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte. 1. Theil: Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen: p. I-XV + 1-400, Berlin: Georg Reimer, 1894.
- Hashimoto, M.: Systemic effects of occlusal destruction in Guinea pigs. In: Meikai Univ. Dent.J., 27, 1998, 123-134.
- Hu, J.W./ Yu, X-M./ Vernon, H. und Sessle, B.J.: Excitatory effects on neck and jaw muscle activity of inflammatory irritant applied to cervical paraspinal tissues. In: J.Pain, 55, 1993, 243-250.
- Hugger, Alfons/ Bölöni, Eva/ Berntien, U. und Stüttgen, Ulrich.: Accuracy of an ultrasonic measurement system for jaw movement recording. Poster. IADR/CED 35th annual meeting, Montpellier 1999.
- Hülse, Manfred und Losert-Bruggner, Brigitte: Der Einfluss der Kopfgelenke und/oder der Kiefergelenke auf die Hüftabduktion. Ein einfacher Test zur Frage, ob eine CMD durch eine HWS-Manipulation beeinflusst werden konnte. In: ManMed, 2, 2002, 97-100.
- Hülse, Manfred/ Neuhuber, Winfried L. und Wolff, Hanns D.: Der kraniozervikale Übergang. Aktuelle Gesichtspunkte aus Grundlagenforschung und Klinik zur Pathophysiologie von HWS-Weichteiltraumen. (ed. Hülse, M.) Berlin: Springer, 1998.
- Huggare Jan/ Pirttiniemi Pertti und Serlo Willy: Head posture and dentofacial morphology in subjects treated for scoliosis. In: Proc Finn Dent Soc. 87/1, 1991, 151-8.
- Hüsler, Jürg und Zimmermann, Heinz: Statistische Prinzipien für medizinische Projekte. pp. 272-274. Bern: Huber, 2006.
- John, Mike T./ Hirsch, Christian/ Reiber, Thomas und Dworkin, S: Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process. In: Journal of Orofacial Pain. 20, 2006, 43-52.
- Kirveskari, Pentti/ Alanen, Pentti/ und Jämsä, Timo: Association between craniomandibular disorders and occlusal interferences. In: J.Prosthet.Dent, 62, 1989, 66.
- Kirveskari, Pentti und Jämsä, Tapio: Health risk from occlusal interferences in females. In: Eur J Orthod 31(5), (2009), 490-495.
- Kirveskari, Pentti/ Alanen, Pentti und Jämsä, Timo: Association between craniomandibular disorders and occlusal interferences in children. In: J.Prosthet.Dent, 67, 1992, 692.
- Kirveskari, Pentti/ Alanen, Pentti und Jämsä, Timo: Functional state of the stomatognathic. System in 5, 10 and 15 year old children in southwestern Finland. In: Proc.Finn.Dent.Soc, 82, 1986, 3-8.

Klemm, Stephan T.: Hat das Temporomandibulargelenk Einfluss auf die Beweglichkeit der Halswirbelsäule? Eine ultraschallgekoppelte dreidimensionale Vermessung der Halswirbelsäule. Diplomarbeit. In press, International Academy of Osteopathy, Gent, 2005.

Klemm, Stephan T.: Okklusionsstörungen und Beweglichkeit der HWS. In: ManMed 4, 2009, 255-260.

Kopp, Stefan/ Brunzel, B.G./ Sebal, W.G./ Langbein, U. und Graf, H.: Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System bei Jugendlichen im Alter von 15-19 Jahren. In: Man.Med, 40, 2002, 359-366.

Kopp, Stefan/ Hirsch, H./ Sebal, W.G./ Plato, Gernot/ Langbein, U. und Graf, H. : Funktionsbefunde im Kranio-mandibulären System (CMS) bei Kindern im Alter von 5-9 Jahren. In: Man.Med, 40, 2002, 297-305.

Kopp, Stefan/ Plato, Gernot und Bumann, Axel.: Die Bedeutung der oberen Kopfgelenke bei der Ätiologie von Schmerzen im Kopf-, Hals-, Nackenbereich. In: Dtsch.Zahnärztl.Z, 44, 1989, 966-967.

Kopp, Stefan/ Sebal, W.G. und Plato, Gernot: Kranio-mandibuläre Dysfunktion, eine Standortbestimmung. In: Man. Med., 38, 2000, 335-341.

Kopp, Stefan/ Sebal, W.G. und Plato, G.: Erkennen und Bewerten von Dysfunktionen und Schmerzphänomenen im kranio-mandibulären System. In: Man.Med, 38, 2000, 329-334.

Lantz, Charles A./ Chen, Jasper und Buch, D.: Clinical validity and stability of active and passive cervical range of motion with regard to total and unilateral uniplanar motion. In: Spine, 24, 1999, 1082-1089.

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. S. 654 ff. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2008, 4. überarbeitete Auflage.

MacKinnon, Pamela und Morris John: Oxford Textbook of Functional Anatomy. The cervical spine: movements of the head and neck, S.55-60. Oxford: Oxford University Press, 2005, 2<sup>nd</sup> Ed.

MacKinnon, Pamela & Morris, John: Oxford Textbook of Functional Anatomy. The mouth and chewing, S.75-90. Oxford: Oxford University Press, 2005, 2<sup>nd</sup> Ed.

Maghsudi, Mehran: Untersuchung zur Validität und diagnostischen Aussagekraft der „kleinen Funktionsanalyse“ nach Krogh-Poulson als Screening-Test für kranio-mandibuläre Dysfunktionen, Dissertation an dem Universitäts-Krankenhaus Eppendorf, Hamburg, 2000.

- Malick, Amy/ Strassman, Andrew M. und Burstein, Rami: Trigeminothalamic and Reticulothalamic Tract Neurons in the Upper Cervical Spinal Cord and Caudal Medulla of the Rat. In: The American Physiological Society, 2000, 2078-2112.
- McNeill, Charles: Craniomandibular (TMJ) disorders - State of the art, part II: Accepted diagnosis and treatment modalities. In: J.Prosthet.Dent, 49, 1983, 393.
- McNeill, Charles: Craniomandibular Disorders: Guidelines for Evaluation, Diagnosis, and Management, (ed. Mc Neill, C), Chicago: Quintessence, 1990.
- McNeill, Charles: Craniomandibular disorders: Guidelines for evaluation, diagnosis and management. In: The American Academy of Orofacial Pain, 1993, 2nd.
- McNeill, Charles: Temporomandibular Disorders: Guidelines for Classification, Assessment, and Management, (ed. Mc Neill, C.), Chicago: Quintessence, 1993.
- Michelotti, Ambrosina/ Buonocore, Gerarda/ Farella, Mauro/ Pellegrino, Gioacchino/ Piergentili, Carlo/ Altobelli, Stefano und Martina, Roberto: Postural stability and unilateral posterior crossbite: Is there a relationship? In: Neuroscience Letters 392, 2006, 140- 144.
- Meersseman, Jean-Pierre: AK and TMJ Ascending and Descending problems. In: ICAK-E, 1988.
- Mohammadi, Bahram: Der Nervus trigeminus, vom Kauorgan zum Kortex. In: Kursscript Cranio Concept, S. 53. Med. Hochschule Hannover, Hannover 2004.
- Moore, Keith L und Persaud, T.V.N.: Embryologie. Kiemenapparat und branchiogene Organe. S. 215-261, New York: Schattauer, 1996, 4. Auflage.
- Natalis, Malte und König, Achim: Nicht invasive, akurate und reliable Messung der Halswirbelsäulenbeweglichkeit mittels ultraschallgestützter 3D-Echtzeit-Bewegungsanalyse. Ultraschall Med, 20, 1999, 74-77.
- Netter, Frank H.: Atlas der Anatomie des Menschen. In: Muskulatur des Zungenbeins, S. 24. Stuttgart, New York: Thieme, 1995.
- Nickolakis Peter und Michael/ Pieslinger, E: Relationship between cmd and poor posture. In: Journ of craniomand pract 18/2Feb, 2000.
- Pedroni, Cristiane R./ Siriani de Oliveira, Anamaria und Bérzin, Fausto: Immediate Effekt of cervical mobilization in temporomandibular disorder patients. In: Braz J Oral Sci., 4/15, 2005.
- Peroz, Ingrid: Funktionsstörungen des Kauorgans bei Tinnituspatienten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. In: HNO, 51/ 7, 2003, 544-549.
- Pinkham, Jimmy: Dental treatment of migrainous and tension headache. J.ModernManual Therapie. G. Grieve (Ed), 195, 1985.

- Plato, Gernot und Kopp, Stefan: Kiefergelenk und Schmerzsyndrome. In: Man.Med, 37, 1999, 143-151.
- Preiskel, Harold: Some observations on the postural position of the mandible. J.Prost.Dent, 15/4, 1965.
- Rakosi, Thomas : Funktionelle Kiefergelenksstörungen bei Kindern. In : Fortschr.Kieferorthop, 32, 1971, 37-57.
- Richter T. und Lawall J. : Zur Zuverlässigkeit manualdiagnostischer Befunde. In : Man.Med, 31, 1993, 1-11.
- Ridder, Paul-H.: Kieferfunktionsstörungen und Zahnfehlstellungen mit ihren Auswirkungen auf die Körperperipherie. In: Man. Med, 36, 1998, 194-212.
- Rocabado, Mariano: Biomechanical relationships of the cranial, cervical, and hyoid regions. In: J.Craniomandib.Pract, 11, 1983, 61-66.
- Rocabado, Mariano: Diagnosis and treatment of abnormal cranio-cervical and craniomandibular mechanics. Abnormal jaw mechanics, Solberg and Clark (Eds.), 1984.
- Rohen, Johannes W.: Topographische Anatomie. Hals und Kopf, S. 177-308. Stuttgart, New York: Schattauer, 2000, 10. Aufl.
- Sarita, Paulo.T./ Kreulen, Cees M./ Witter, Dick und Creugers, Nico H.: Signs and symptoms associated with TMD in adults with shortened dental arches. In: Int.J.Prostodont, 16/3, 2003, 265-270.
- Schmitt, Stefan: Besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Angle Klasse II Verzahnung und dem Vorliegen einer Skoliose? Masterthesis an der Donau-Universität Krems, 2010.
- Schreiber, Thomas U./ Brockow, Thomas und Smolenski, Ulrich: Assessment of Cervical Spine Function using a 3D-Motion Analyzing System. In: Arch Phys Med Rehabil, 78, 1997, 1023.
- Schupp, Werner: Gesichtsschmerz aus Sicht der Kieferorthopädie. In: Man. Med. 39, 2001, 327-336.
- Schupp, Werner/ Oraki, Afschin/ Haubrich, Julia/ Freesmeyer, Wolfgang B. und Kopsahilis, Nikolaos: Okklusionsveränderungen und deren Auswirkungen auf den Halte- und Stützapparat. Untersuchung durch manualmedizinische Testverfahren. In: ManMed, 2, 2009, 107-111.
- Smolenski, Ulrich C./ Endres, G. und Schreiber, Thomas U.: 3-dimensionale Bewegungsfunktionsanalyse der Halswirbelsäule mit dem System Zebris – Standardisierung der Untersuchungsbedingungen. In: Phys.Rehab.Kur Med, 8, 1998, 22-24.

Sonnesen, Lieselotte/ Bakke Merete und Solow Beni: Temporomandibular disorders in relation to craniofacial dimensions, head posture and bite force in children selected for orthodontic treatment. In: European Journal of Orthodontics, 23/2, 2001, 179-192.

Sonnesen, Lieselotte/ Bakke, Merete und Solow, Beni: Malocclusion traits and symptoms and signs of temporomandibular disorders in children with severe malocclusion. In: J.of Orthodontics, 20, 1998, 543-559.

Stark, Tobias: Temporomandibuläre Dysfunktionen bei Zahnmedizinstudenten unter besonderer Berücksichtigung der Okklusion. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen, 2005.

Stiesch-Scholz, Meike und Fink, Matthias: Kranio-mandibuläres System und Wirbelsäule. In: ZMK, 20, 2004, 634-647.

Thurrow, Raymond C.: Atlas of orthodontic principles. St. Louis: C.V.Mosby, 1977.

Trepel, Martin: Neuroanatomie. Struktur und Funktion. München: Urban und Fischer, 1999.

Trott Patricia H./ Percy, M.J./ Ruston, S.A./ Fulton I. und Brien C.: Threedimensional analysis of active cervical motion: the effect of age and gender. In: Clin.Biomech, 11, 1996, 201-206.

Tschernitschek, Harald: Zahnärztliche Funktionsdiagnostik und zahnärztliche Behandlung der CMD, S. 29-35. In: Kursscript Cranio Concept, 2004.

Türp Jens C. und Schindler Hans J.: Relationship between occlusion and myoarthropathy. Introduction of an integrating neurobiological model. In: Schweiz.Monatsschr.Zahnmed, 113/9, 2003, 964-977.

Walther, D.S. : Applied Kinesiology: Head, Neck and Jaw Pain and Dysfunction, the Stomatognathic System. Publisher Systems, 1983.

Wilkie, P.M.: The Interrelationships between Temporomandibular joint and cervical spine Dysfunction. Diplomarbeit an dem British College of Osteopathic Medicine, London 1988.

Witzig, J.W. und Yerkes, I.M.: Clinical Management of Head Neck and TMJ Pain and Dysfunction. Functional jaw orthopedics: Mastering more than technique, S. 598-618. Philadelphia: ed. H. Gelb, W. B. Saunders, Philadelphia 1985.

Youdas, James W./ Garrett, Tom R./ Suman, Vera J./ Boggard, Connie L./ Hallman, Horace O. und Carey, James R.: Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study. In: Phys.Ther, 72, 1992, 770-80.

Yu, X.M./ Sessle, B.J./ Vernon, H. und Hu, J.W.: Effects of inflammatory irritant application to the rat temporomandibular joint on jaw and neck muscle activity. In: J.Pain, 60/2, 1995, 143-149.

Zafar, Hamayun: Integrated jaw and neck function in man. Studies of mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing tasks. In: Swed.Dent.J.Suppl, 143, 2000, 1-41.

Zebris Medical Germany: Beurteilung der Bewegungsfunktion der Hals- und Lendenwirbelsäule; Winspine 1.36 für Windows. In: Bedienungsanleitung Fa Zebris Medizintechnik GmbH, Isny 2000.

## Anhang A Fragebogen A: RDC-TMD-G

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name:                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | geb: | Datum:                                                                                                                                                              |
| 1. Wie würden Sie Ihren <b>allgemeinen</b> Gesundheitszustand einschätzen?                                                                                                                                                                                                                                        |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Sehr gut 1 <input type="checkbox"/> Gut 2 <input type="checkbox"/> Mäßig 3 <input type="checkbox"/> Schlecht 4 <input type="checkbox"/>                             |
| Welche Erkrankungen haben Sie? .....                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |                                                                                                                                                                     |
| 2. Wie würden Sie Ihre <b>Mundgesundheit</b> einschätzen?                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Sehr gut 1 <input type="checkbox"/> Gut 2 <input type="checkbox"/> Mäßig 3 <input type="checkbox"/> Schlecht 4 <input type="checkbox"/>                             |
| 3. Hatten Sie <b>Schmerzen</b> im Gesicht? (Kiefer, Schläfen, Ohrbereich) im vergangenen Monat?                                                                                                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/> weiter mit Frage 13                                                                                   |
| 4. Wann traten diese Schmerzen <b>zum ersten Mal</b> auf?                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | vor ..... Jahren / ..... Monaten                                                                                                                                    |
| 5. Wie <b>häufig</b> traten diese Schmerzen auf?                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Andauernd 1 <input type="checkbox"/> Wiederkehrend 2 <input type="checkbox"/> Einmalig 3 <input type="checkbox"/>                                                   |
| 6. <b>Falls Sie zur Zeit Gesichtsschmerzen haben</b> , wie würden Sie diese Schmerzen auf einer Skale von 0 bis 10 einschätzen?                                                                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                                                     |
| Kein Schmerz   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Stärkster vorstellbarer Schmerz                                                                                                                                                                                                                                           |      |                                                                                                                                                                     |
| 7. Wie <b>intensiv</b> war Ihr <b>stärkster Schmerz</b> in den letzten 6 Monaten auf einer Skale von 0 bis 10?                                                                                                                                                                                                    |      |                                                                                                                                                                     |
| Kein Schmerz   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Stärkster vorstellbarer Schmerz                                                                                                                                                                                                                                           |      |                                                                                                                                                                     |
| 8. Wie <b>intensiv</b> war <b>der durchschnittliche Schmerz</b> in den letzten 6 Monaten auf einer Skale von 0 bis 10, gemeint sind Schmerzen, die Sie gewöhnlich, d.h., oft empfunden haben?                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                     |
| Kein Schmerz   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Stärkster vorstellbarer Schmerz                                                                                                                                                                                                                                           |      |                                                                                                                                                                     |
| 9. <b>Wie viele Tage</b> sind Sie im letzten halben Jahr durch Ihren Gesichtsschmerz von der <b>Ausübung Ihrer täglichen Aktivitäten</b> (wie z.B. Arbeit, Schule, Haushalt) <b>abgehalten</b> worden?                                                                                                            |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | ..... Tage                                                                                                                                                          |
| 10. Wie stark hat Ihr Gesichtsschmerz Sie in der <b>Ausübung Ihrer täglichen Aktivitäten</b> in den letzten 6 Monaten auf einer Skale von 0 bis 10 beeinflusst?                                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                                                     |
| Keine Beeinflussung   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Keine Ausübung möglich                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                     |
| 11. Wie stark haben sich Ihr <b>Familienleben</b> , Ihre <b>sozialen Kontakte zu anderen Menschen</b> und Ihre <b>Fähigkeit, sich zu erholen</b> durch Ihren Gesichtsschmerz in den letzten 6 Monaten verändert (Skale von 0 bis 10)?                                                                             |      |                                                                                                                                                                     |
| Keine Veränderung   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Extreme Veränderung                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
| 12. Wie stark hat Ihr Gesichtsschmerz in den letzten 6 Monaten Ihre <b>Fähigkeit zu arbeiten</b> verändert (einschließlich Schule und Hausarbeit)?                                                                                                                                                                |      |                                                                                                                                                                     |
| Keine Veränderung   0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10   Extreme Veränderung                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
| 13.a. War Ihr Unterkiefer jemals blockiert oder hatten Sie <b>Schwierigkeiten</b> , den Mund <b>vollständig zu öffnen</b> ?                                                                                                                                                                                       |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/> Weiter mit Frage 14                                                                                   |
| 13.b. Wenn ja, war die Öffnungseinschränkung so stark, daß Ihre <b>Fähigkeit zu essen</b> beeinflusst wurde?                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.a. <b>Knackt es in Ihrem Kiefergelenk</b> , z.B. wenn Sie den Mund öffnen oder schließen oder beim kauen?                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.b. Nehmen Sie in Ihrem Kiefergelenk ein <b>reibendes Geräusch</b> wahr, wenn Sie den Mund öffnen und schließen oder wenn Sie kauen?                                                                                                                                                                            |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.c. Pressen oder knirschen Sie mit den Zähnen <b>im Schlaf</b> ?                                                                                                                                                                                                                                                |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.d. Pressen oder knirschen Sie mit den Zähnen <b>am Tage</b> ?                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.e. Haben Sie ein Gefühl der <b>Müdigkeit im Kieferbereich</b> bzw. ein <b>Gefühl der Steifheit</b> beim Bewegen des Kiefers oder beim morgendlichen Erwachen?                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.f. Haben Sie <b>Ohrgeräusche oder Ohrenklingen</b> ?                                                                                                                                                                                                                                                           |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 14.g. Fühlt sich der <b>Zusammenbiß Ihrer Zähne</b> ungewöhnlich oder unbequem an?                                                                                                                                                                                                                                |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 15.a. Haben Sie <b>rheumatoide Arthritis</b> , <b>Lupus</b> oder eine andere <b>systemische Gelenkerkrankung</b> ?                                                                                                                                                                                                |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 15.b. Hat jemand in Ihrer Familie eine dieser Erkrankungen?                                                                                                                                                                                                                                                       |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 15.c. Hatten oder haben Sie geschwollene oder schmerzhafte Gelenke (außer Kiefergelenk)?                                                                                                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 15.d. Wenn ja, hatten Sie diese Schmerzen länger als ein Jahr?                                                                                                                                                                                                                                                    |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 16.a. Hatten Sie in der letzten Zeit einen <b>Unfall</b> bzw. erlitten Sie einen <b>Schlag oder Stoß</b> im Bereich des Kiefers oder des Gesichtes?                                                                                                                                                               |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/> Weiter mit Frage 17                                                                                   |
| 16.b. Wenn ja, hatten Sie Ihre Kieferschmerzen vor dem Unfall?                                                                                                                                                                                                                                                    |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 17. Hatten Sie während der letzten 6 Monate Probleme mit <b>Kopfschmerzen oder Migräne</b> ?                                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/>                                                                                                       |
| 18. Sind sie schon einmal <b>kieferorthopädisch</b> behandelt worden?                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      | Ja 1 <input type="checkbox"/> Festsitzende Apparatur 2 <input type="checkbox"/> Herausnehmbare Apparatur 3 <input type="checkbox"/> Nein 0 <input type="checkbox"/> |
| 19. Haben Sie die <b>Angewohnheit</b> auf der Zunge, der Lippe, der Wange, Fingern oder Gegenständen (Bleistifte, Kugelschreiber usw.) zu beißen oder Kaugummi zu kauen?                                                                                                                                          |      |                                                                                                                                                                     |
| Nein 0 <input type="checkbox"/> Zunge 1 <input type="checkbox"/> Lippe 2 <input type="checkbox"/> Wange 3 <input type="checkbox"/> Finger 4 <input type="checkbox"/> Gegenstände 5 <input type="checkbox"/> Kaugummi 6 <input type="checkbox"/>                                                                   |      |                                                                                                                                                                     |
| 20. Welche der folgenden <b>Aktivitäten</b> wurden durch Ihr Problem mit dem Kiefergelenk bzw. der Kaumuskulatur <b>eingeschränkt</b> oder sogar verhindert? (auch Mehrfachnennungen möglich)                                                                                                                     |      |                                                                                                                                                                     |
| Kauen <input type="checkbox"/> Trinken <input type="checkbox"/> Allg. Körperbewegungen <input type="checkbox"/> Essen von harten Speisen <input type="checkbox"/> Essen von weichen Speisen <input type="checkbox"/> Lächeln/Lachen <input type="checkbox"/>                                                      |      |                                                                                                                                                                     |
| Sexuelle Aktivität <input type="checkbox"/> Reinigung der Zähne/Gesicht <input type="checkbox"/> Gähnen <input type="checkbox"/> Schlucken <input type="checkbox"/> Sprechen <input type="checkbox"/> Normaler Gesichtsausdruck <input type="checkbox"/>                                                          |      |                                                                                                                                                                     |
| Keine Einschränkung <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                     |
| 21. Persönliche Daten                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                     |
| Alter: ..... Geschlecht: weiblich 1 <input type="checkbox"/> männlich 2 <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                     |
| Höchster Bildungsabschluß: kein Abschluß 1 <input type="checkbox"/> 6. Klasse 2 <input type="checkbox"/> 8. Klasse 3 <input type="checkbox"/> 10. Klasse 4 <input type="checkbox"/> Abitur 5 <input type="checkbox"/> Fachschule 6 <input type="checkbox"/> Hochschule 7 <input type="checkbox"/> Sonstige: ..... |      |                                                                                                                                                                     |
| Zur Zeit ausgeübte Tätigkeit: ..... Bisher ausgeübte Tätigkeit mit der höchsten Qualifikation: .....                                                                                                                                                                                                              |      |                                                                                                                                                                     |

|                                                                 |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
|-----------------------------------------------------------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------|--------------|
| Name:                                                           |  | geb:                      |                          | Karteinummer:                                 |                     | Datum:                                           |              |
| <b>Hauptbeschwerden:</b>                                        |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| 1. Auf welcher Seite Ihres Gesichtes haben Sie Schmerzen?       |  |                           |                          | Kein Schmerz 1   Rechts 2   Links 3   Beide 4 |                     |                                                  |              |
| 2. Können Sie den schmerzhaften Bereich mit dem Finger zeigen ? |  |                           |                          | Kein Schmerz                                  | <b>Rechts</b>       |                                                  | <b>Links</b> |
|                                                                 |  |                           |                          | Kiefergelenk                                  | 0                   | 0                                                |              |
|                                                                 |  |                           |                          | Muskulatur                                    | 1                   | 1                                                |              |
|                                                                 |  |                           |                          | Beides                                        | 2                   | 2                                                |              |
|                                                                 |  |                           |                          |                                               | 3                   | 3                                                |              |
| 3. Öffnungsbewegung                                             |  | Gerade 0                  | Deflektion n. links 3    |                                               |                     | <b>VAS: .....</b><br><input type="checkbox"/> NZ |              |
|                                                                 |  | Deflektion n. rechts 1    | Deviation n. links 4     |                                               |                     |                                                  |              |
|                                                                 |  | Deviation n. rechts 2     | Andere 5                 |                                               |                     |                                                  |              |
|                                                                 |  |                           | Typ:                     |                                               |                     |                                                  |              |
| 4. a. SKD aktiv (schmerzfrei) _____ mm                          |  | <b>Schmerz</b>            |                          |                                               | <b>Kiefergelenk</b> |                                                  |              |
|                                                                 |  | Keinen                    | Rechts                   | Links                                         | Beidseitig          | Ja                                               | Nein   NZ    |
| b. SKD aktiv (maximal) _____ mm                                 |  | b. 0                      | 1                        | 2                                             | 3                   | 1                                                | 0   9        |
| c. SKD passiv (maximal) _____ mm                                |  | c. 0                      | 1                        | 2                                             | 3                   | 1                                                | 0   9        |
| d. Overbite _____ mm                                            |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| <b>5. Gelenkgeräusche</b>                                       |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| <b>a. Öffnen des Mundes</b>                                     |  | <b>Rechts</b>             | <b>Links</b>             | <b>b. Schließen des Mundes</b>                |                     | <b>Rechts</b>                                    | <b>Links</b> |
| Keine                                                           |  | 0                         | 0                        | Keine                                         |                     | 0                                                | 0            |
| Knacken                                                         |  | 1                         | 1                        | Knacken                                       |                     | 1                                                | 1            |
| Grobes Reiben                                                   |  | 2                         | 2                        | Grobes Reiben                                 |                     | 2                                                | 2            |
| Feines Reiben                                                   |  | 3                         | 3                        | Feines Reiben                                 |                     | 3                                                | 3            |
| Öffnungsknacken bei _____ mm                                    |  | _____ mm                  |                          | Schließknacken bei _____ mm                   |                     | _____ mm                                         |              |
| c. Reziprokes Knacken bei protrusiver Öffnung verschwunden?     |  | <b>Rechts</b>             |                          |                                               | <b>Links</b>        |                                                  |              |
|                                                                 |  | Nein 0                    |                          |                                               | 0                   |                                                  |              |
|                                                                 |  | Ja 1                      |                          |                                               | 1                   |                                                  |              |
|                                                                 |  | Nicht zutreffend 9        |                          |                                               | 9                   |                                                  |              |
| <b>6. Exkursive Bewegungen</b>                                  |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
|                                                                 |  | <b>Schmerz</b>            |                          |                                               | <b>Kiefergelenk</b> |                                                  |              |
|                                                                 |  | Keinen                    | Rechts                   | Links                                         | Beidseitig          | Ja                                               | Nein   NZ    |
| a. Rechte Laterotrusion _____ mm                                |  | a. 0                      | 1                        | 2                                             | 3                   | 1                                                | 0   9        |
| b. Linke Laterotrusion _____ mm                                 |  | b. 0                      | 1                        | 2                                             | 3                   | 1                                                | 0   9        |
| c. Protrusion _____ mm                                          |  | c. 0                      | 1                        | 2                                             | 3                   | 1                                                | 0   9        |
| d. Mittellinienabweichung _____ mm re.   li.                    |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| e. Overjet _____ mm                                             |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| <b>7. Gelenkgeräusche bei exkursiven Bewegungen</b>             |  |                           |                          |                                               |                     |                                                  |              |
| <b>a. Rechtes KG</b>                                            |  | Laterotrusion nach rechts | Laterotrusion nach links |                                               | Protrusion          |                                                  |              |
| Keine                                                           |  | 0                         | 0                        |                                               | 0                   |                                                  |              |
| Knacken                                                         |  | 1                         | 1                        |                                               | 1                   |                                                  |              |
| Grobes Reiben                                                   |  | 2                         | 2                        |                                               | 2                   |                                                  |              |
| Feines Reiben                                                   |  | 3                         | 3                        |                                               | 3                   |                                                  |              |
| <b>b. Linkes KG</b>                                             |  | Laterotrusion nach rechts | Laterotrusion nach links |                                               | Protrusion          |                                                  |              |
| Keine                                                           |  | 0                         | 0                        |                                               | 0                   |                                                  |              |
| Knacken                                                         |  | 1                         | 1                        |                                               | 1                   |                                                  |              |
| Grobes Reiben                                                   |  | 2                         | 2                        |                                               | 2                   |                                                  |              |
| Feines Reiben                                                   |  | 3                         | 3                        |                                               | 3                   |                                                  |              |

| 8. Extraorale Palpation der Muskulatur  | Rechts  | Links   |
|-----------------------------------------|---------|---------|
| a. M. temporalis posterior              | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| b. M. temporalis medialis               | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| c. M. temporalis anterior               | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| d. M. masseter (Ursprung)               | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| e. M. masseter (Bauch)                  | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| f. M. masseter (Ansatz)                 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| g. Regio retromandibularis              | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| f. Regio submandibularis                | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| 9. Palpation des Kiefergelenkes         | Rechts  | Links   |
| a. Lateraler Kondylenpol                | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| b. Posteriores Attachment               | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| 10. Intraorale Palpation der Muskulatur | Rechts  | Links   |
| a. M. pterygoideus lateralis            | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |
| b. Temporalissehne                      | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 |



Anhang B

Rohdaten Anthropometrisch sowie Ultraschalltopometrie der HWS

| Pat_ID         | Gruppe | Alter_zum1.02.2011 | Gewicht_KG | Größe_cm | BASELINE |                 |                 | Control         |                 |                  | Treatment        |  |  |
|----------------|--------|--------------------|------------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--|--|
|                |        |                    |            |          | BMI      | Base_RoM_Rot_li | Base_RoM_Rot_re | Cont_RoM_Rot_li | Cont_RoM_Rot_re | Treat_RoM_Rot_li | Treat_RoM_Rot_re |  |  |
| 4CEF-F73F-3844 | A      | 45,00              | 62,00      | 168,00   | 21,97    | 78,00           | 79,00           | 157,00          | 78,00           | 87,00            | 165,00           |  |  |
| 4CF0-308F-4564 | A      | 37,00              | 54,00      | 160,00   | 21,09    | 71,00           | 61,00           | 132,00          | 72,00           | 56,00            | 128,00           |  |  |
| 4CF0-483F-3236 | A      | 32,00              | 62,00      | 164,00   | 23,05    | 90,00           | 77,00           | 167,00          | 83,00           | 78,00            | 161,00           |  |  |
| 4CF0-4BEE-5708 | A      | 25,00              | 52,00      | 161,00   | 20,06    | 83,00           | 81,00           | 164,00          | 87,00           | 77,00            | 164,00           |  |  |
| 4CF1-486D-7003 | A      | 27,00              | 60,00      | 175,00   | 19,59    | 71,00           | 59,00           | 130,00          | 80,00           | 73,00            | 153,00           |  |  |
| 4CF7-CA15-75B6 | A      | 24,00              | 60,00      | 162,00   | 22,86    | 65,00           | 59,00           | 124,00          | 62,00           | 60,00            | 122,00           |  |  |
| 4CF7-CCDF-919C | A      | 17,00              | 70,00      | 178,00   | 22,09    | 77,00           | 81,00           | 158,00          | 77,00           | 79,00            | 156,00           |  |  |
| 4CEA-7D0E-1ADB | A      | 21,00              | 50,00      | 170,00   | 17,30    | 84,00           | 80,00           | 164,00          | 75,00           | 71,00            | 146,00           |  |  |
| 4CF7-A6F7-16A5 | A      | 20,00              | 71,00      | 168,00   | 25,16    | 76,00           | 67,00           | 143,00          | 65,00           | 64,00            | 129,00           |  |  |
| 4CF7-A95D-2EA0 | A      | 20,00              | 60,00      | 172,00   | 20,28    | 90,00           | 81,00           | 171,00          | 79,00           | 77,00            | 156,00           |  |  |
| 4CF7-AABE-3C65 | A      | 29,00              | 61,00      | 166,00   | 22,14    | 76,00           | 83,00           | 159,00          | 74,00           | 80,00            | 154,00           |  |  |
| 4CF7-AABC-1503 | A      | 17,00              | 60,00      | 166,00   | 21,77    |                 |                 |                 |                 |                  |                  |  |  |
| 4CE8-1FC5-EE8F | A      | 14,00              | 61,00      | 156,00   | 25,07    | 77,00           | 70,00           | 147,00          | 86,00           | 68,00            | 154,00           |  |  |
| 4CE8-2438-1B04 | A      | 16,00              | 74,00      | 168,00   | 26,22    | 78,00           | 74,00           | 152,00          | 81,00           | 76,00            | 157,00           |  |  |
| 4CE8-276C-3B0E | A      | 16,00              | 82,00      | 176,00   | 26,47    | 82,00           | 80,00           | 162,00          | 74,00           | 73,00            | 147,00           |  |  |
| 4CE8-2B8A-643E | A      | 14,00              | 45,00      | 165,00   | 16,53    | 64,00           | 69,00           | 133,00          | 72,00           | 70,00            | 142,00           |  |  |
| 4CE8-3213-A58E | A      | 13,00              | 49,00      | 164,00   | 18,22    | 58,00           | 54,00           | 112,00          | 65,00           | 58,00            | 123,00           |  |  |
| 4CE8-3638-CEFB | A      | 15,00              | 46,00      | 160,00   | 17,97    | 83,00           | 70,00           | 153,00          | 75,00           | 68,00            | 143,00           |  |  |
| 4CE8-3A59-F841 | A      | 14,00              | 45,00      | 164,00   | 16,73    | 123,00          | 102,00          | 225,00          | 109,00          | 104,00           | 213,00           |  |  |
| 4CE8-3FED-3002 | A      | 16,00              | 47,00      | 163,00   | 17,69    | 74,00           | 68,00           | 142,00          | 77,00           | 66,00            | 143,00           |  |  |
| MW             |        | 21,60              | 58,55      | 166,30   | 21,11    | 78,95           | 73,42           | 152,37          | 77,42           | 72,89            | 150,32           |  |  |
| StabW          |        | 8,67               | 10,27      | 5,72     | 3,13     | 13,51           | 11,24           | 23,86           | 10,16           | 11,01            | 20,13            |  |  |

|       | Gruppe | Alter_zum1.02.2011 | Gewicht_KG | Größe_cm | BMI   | BASELINE        |                 |                  | Control         |                 | Treatment        |                  |                  |
|-------|--------|--------------------|------------|----------|-------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|       |        |                    |            |          |       | Base_Rom_Rot_II | Base_Rom_Rot_re | Base_Rom_Rot_sum | Cont_Rom_Rot_II | Cont_Rom_Rot_re | Cont_Rom_Rot_sum | Treat_Rom_Rot_II | Treat_Rom_Rot_re |
|       | B      | 41                 | 65,0       | 169,0    | 22,8  | 73              | 62              | 135              |                 |                 | 53               | 48               | 101              |
|       | B      | 36                 | 68,0       | 168,0    | 24,1  | 59              | 70              | 129              |                 |                 | 64               | 70               | 134              |
|       | B      | 24                 | 56,0       | 170,0    | 19,4  | 94              | 85              | 179              |                 |                 | 88               | 84               | 172              |
|       | B      | 24                 | 58,0       | 169,0    | 20,3  | 95              | 97              | 192              |                 |                 | 57               | 68               | 125              |
|       | B      | 23                 | 50,0       | 167,0    | 17,9  | 87              | 68              | 155              |                 |                 | 86               | 76               | 162              |
|       | B      | 22                 | 71,0       | 175,0    | 23,2  | 85              | 88              | 173              |                 |                 | 80               | 79               | 159              |
|       | B      | 20                 | 60,0       | 172,0    | 20,3  | 74              | 85              | 159              |                 |                 | 67               | 71               | 138              |
|       | B      | 20                 | 65,0       | 163,0    | 24,5  | 76              | 68              | 144              |                 |                 | 75               | 70               | 145              |
|       | B      | 27                 | 64,0       | 165,0    | 23,5  | 85              | 67              | 152              |                 |                 | 82               | 69               | 151              |
|       | B      | 21                 | 68,0       | 180,0    | 21,0  | 73              | 63              | 136              |                 |                 | 70               | 61               | 131              |
|       | B      | 20                 | 88,0       | 168,0    | 31,2  | 61              | 59              | 120              |                 |                 | 55               | 70               | 125              |
|       | B      | 20                 | 74,0       | 170,0    | 25,6  | 82              | 77              | 159              |                 |                 | 76               | 74               | 150              |
|       | B      | 19                 | 68,0       | 171,0    | 23,3  | 63              | 61              | 124              |                 |                 | 58               | 65               | 123              |
|       | B      | 20                 | 52,0       | 160,0    | 20,3  | 78              | 77              | 155              |                 |                 | 76               | 70               | 146              |
|       | B      | 20                 | 62,0       | 170,0    | 21,5  | 73              | 71              | 144              |                 |                 | 70               | 65               | 135              |
|       | B      | 22                 | 80,0       | 168,0    | 28,3  | 68              | 73              | 141              |                 |                 | 55               | 46               | 101              |
|       | B      | 19                 | 61,0       | 167,0    | 21,9  | 83              | 73              | 156              |                 |                 | 78               | 67               | 145              |
|       | B      | 12                 | 32,0       | 147,0    | 14,8  | 84              | 63              | 147              |                 |                 | 79               | 59               | 138              |
|       | B      | 13                 | 47,0       | 156,0    | 19,3  | 46              | 68              | 114              |                 |                 | 67               | 57               | 124              |
|       | B      | 15                 | 50,0       | 163,0    | 18,8  | 67              | 63              | 130              |                 |                 | 54               | 66               | 120              |
|       | B      | 13                 | 32,0       | 152,0    | 13,9  | 76              | 77              | 153              |                 |                 | 68               | 71               | 139              |
|       | B      | 17                 | 63,0       | 174,0    | 20,8  | 83              | 78              | 161              |                 |                 | 69               | 57               | 126              |
|       | B      | 14                 | 52,0       | 163,0    | 19,6  | 69              | 77              | 146              |                 |                 | 70               | 67               | 137              |
|       | B      | 16                 | 48,0       | 162,0    | 18,3  | 84              | 64              | 148              |                 |                 | 65               | 69               | 134              |
|       | B      | 13                 | 31,0       | 142,0    | 15,4  | 64              | 84              | 148              |                 |                 | 72               | 70               | 142              |
|       | B      | 16                 | 80,0       | 168,0    | 28,3  | 76              | 72              | 148              |                 |                 | 69               | 82               | 151              |
| MW    |        | 20,27              | 59,42      | 165,35   | 21,47 | 75,31           | 72,69           | 148,00           |                 |                 | 69,35            | 67,35            | 136,69           |
| StabW |        | 6,53               | 14,2       | 8,29     | 4,02  | 11,05           | 9,33            | 17,25            |                 |                 | 9,71             | 8,73             | 16,23            |

Anhang C Erhebungsbogen B

Fragebogen B

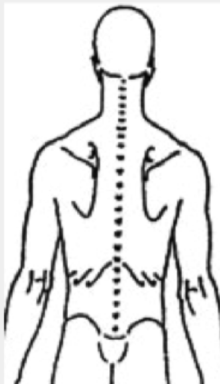
|                         |  |
|-------------------------|--|
| Name                    |  |
| Geburtsdatum/Alter      |  |
| Gewicht                 |  |
| Größe                   |  |
| BMI                     |  |
| Menses Seit: Im Zyklus? |  |

Palpation:  
Aufklärung für Proband:  
Bitte nonverbal mit Kopfnicken oder Kopfschütteln antworten:  
Bei tasten empfindlich?  
Die Seite per Handheben anzeigen  
**Schwach:** Hand betroffene Seite unten halten (1)  
**Mäßig:** Hand betroffene Seite auf Schulterhöhe(2)  
**Deutlich:** Hand betroffene Seite über Schulterhöhe(3)  
Tonusunterschied durch Therapeut palpiert (Intraoral 450 gr., Extraoral 900 gr.):  
- = gleich  
+ = geringfügig  
++ = deutlich

| Palpation im Sitz<br>Zervikal | Links             |                        | Rechts            |                        |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
|                               | Tonus<br>(-/+/++) | Empfindlich<br>(1/2/3) | Tonus<br>(-/+/++) | Empfindlich<br>(1/2/3) |
| M.Masseter                    |                   |                        |                   |                        |
| M.Temporalis                  |                   |                        |                   |                        |
| suboccipitale Region C0/1     |                   |                        |                   |                        |
| suboccipitale Region C1/2     |                   |                        |                   |                        |
| M. SCM                        |                   |                        |                   |                        |
| M. trapezius p.ascend.        |                   |                        |                   |                        |
| M. Scalene anterior           |                   |                        |                   |                        |
| Prävertebrale Mm.             |                   |                        |                   |                        |

| Bewegungsuntersuchung SIG<br>im Sitz               | LINKS | RECHTS | Dysfunktion/ Restriktiv/<br>Block/ |
|----------------------------------------------------|-------|--------|------------------------------------|
| SN-Test Sitz in Extension<br>/SISpalte wird tiefer |       |        |                                    |
| SN-Test Sitz in Flexion<br>/SI Spalte flacht ab    |       |        |                                    |

Oszillation: Restriktion= R  
Schmerz= S



| Bewegungsunt.<br>In RL<br>Segmental HWS               | Dysfunktion<br>(shift, NSR, FRS,ERS) | Block/<br>Restriktiv   | Tonus<br>Facette<br>Re/Li | Schmerzhafte<br>Bewegung |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| C0 SN                                                 |                                      |                        |                           |                          |
| C1 Rot                                                |                                      |                        |                           |                          |
| Mittlere HWS                                          |                                      |                        |                           |                          |
| Untere HWS                                            |                                      |                        |                           |                          |
| C7 SN                                                 |                                      |                        |                           |                          |
| Weiteres (Muskulärer Hartspann mehrere Segmente etc): |                                      |                        |                           |                          |
| Palpation in RL                                       | LINKS                                |                        | RECHTS                    |                          |
| Lumbosakral                                           | Tonus<br>(-/+ /++)                   | Empfindlich<br>(1/2/3) | Tonus<br>(-/+ /++)        | Empfindlich<br>(1/2/3)   |
| M. quadratus lumborum                                 |                                      |                        |                           |                          |
| M. piriformis                                         |                                      |                        |                           |                          |
| M. psoas                                              |                                      |                        |                           |                          |
| M.Coxxygeus                                           |                                      |                        |                           |                          |

| Lumbosakral spezifische Tests |          | LINKS | RECHTS |
|-------------------------------|----------|-------|--------|
| Leg Turn in                   | /in Grad |       |        |
| Priener Abduktionstest        | /in Grad |       |        |
| Hüftiro in 90°Flex            | /in Grad |       |        |

Anhang D     Rohdaten Dysfunktion Atlasshift, Gruppe A und Gruppe B

| Pat_ID        | Gruppe | Baseline_C1_SHIFT | Untersuchung_C1_SHIFT | Pat_ID        | Gruppe | Baseline_C1_SHIFT | Untersuchung_C1_SHIFT |
|---------------|--------|-------------------|-----------------------|---------------|--------|-------------------|-----------------------|
| 4CEF-F73F-3 A | A      | n                 | n                     | 4CF0-4A43-4 B | B      | j                 | n                     |
| 4CF0-308F-4 A | A      | n                 | n                     | 4CF0-4D62-6 B | B      | j                 | n                     |
| 4CF0-483F-3 A | A      | n                 | n                     | 4CF0-4F0C-7 B | B      | n                 | n                     |
| 4CF0-4BEE-5 A | A      | n                 | n                     | 4CF0-5254-9 B | B      | j                 | n                     |
| 4CF1-486D-7 A | A      | n                 | n                     | 4CF0-509F-8 B | B      | n                 | j                     |
| 4CF7-CA15-7 A | A      | n                 | n                     | 4CF7-AC05-4 B | B      | n                 | j                     |
| 4CF7-CCDF-9 A | A      | n                 | j                     | 4CF7-ADAE-5 B | B      | n                 | n                     |
| 4CEA-7D0E-1 A | A      | n                 | n                     | 4CF7-B255-8 B | B      | n                 | n                     |
| 4CF7-A6F7-1 A | A      | n                 | j                     | 4CF7-B415-9 B | B      | n                 | n                     |
| 4CF7-A95D-2 A | A      | j                 | n                     | 4CF7-B7BF-B B | B      | n                 | n                     |
| 4CF7-AABE-3 A | A      | j                 | n                     | 4CF7-B93A-C B | B      | n                 | n                     |
| 4CF7-AABC-1 A | A      | n                 | n                     | 4CF7-BD7F-F B | B      | n                 | j                     |
| 4CE8-1FC5-E A | A      | n                 | n                     | 4CF7-C07E-1 B | B      | n                 | n                     |
| 4CE8-2438-1 A | A      | n                 | j                     | 4CEA-701B-9 B | B      | n                 | n                     |
| 4CE8-276C-3 A | A      | n                 | n                     | 4CEA-7239-A B | B      | n                 | j                     |
| 4CE8-2B8A-6 A | A      | n                 | n                     | 4CEA-7626-C B | B      | n                 | n                     |
| 4CE8-3213-A A | A      | n                 | n                     | 4CEA-7910-F B | B      | n                 | j                     |
| 4CE8-3638-C A | A      | n                 | n                     | 4CE7-EF28-0 B | B      | n                 | n                     |
| 4CE8-3A59-F A | A      | n                 | n                     | 4CE7-F442-3 B | B      | j                 | n                     |
| 4CE8-3FED-3 A | A      | n                 | n                     | 4CE7-FA3B-7 B | B      | n                 | n                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-031B-C B | B      | j                 | j                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-086F-0 B | B      | n                 | j                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-OCA0-2 B | B      | n                 | j                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-1343-7 B | B      | n                 | j                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-173E-9 B | B      | n                 | j                     |
|               |        |                   |                       | 4CE8-1B1B-B B | B      | n                 | n                     |

Anhang E Rohdaten PAT, Gruppe B

|                              |        | Baseline | Baseline | Treatment | Treatment |
|------------------------------|--------|----------|----------|-----------|-----------|
| Pat_ID                       | Gruppe | PAT_li   | PAT_re   | PAT_li    | PAT_re    |
| 4CF0-4A43-4654               | B      | 118,0    | 118,0    | 120,0     | 130,0     |
| 4CF0-4D62-6591               | B      | 132,0    | 146,0    | 148,0     | 136,0     |
| 4CF0-4F0C-7633               | B      | 144,0    | 136,0    | 138,0     | 138,0     |
| 4CF0-5254-96FF               | B      | 128,0    | 130,0    | 130,0     | 125,0     |
| 4CF0-509F-85F3               | B      | 138,0    | 145,0    | 137,0     | 145,0     |
| 4CF7-AC05-4921               | B      | 128,0    | 128,0    | 138,0     | 132,0     |
| 4CF7-ADAE-59C0               | B      | 132,0    | 136,0    | 135,0     | 132,0     |
| 4CF7-B255-8846               | B      | 126,0    | 126,0    | 130,0     | 128,0     |
| 4CF7-B415-99B1               | B      | 126,0    | 134,0    | 128,0     | 132,0     |
| 4CF7-B7BF-BE60               | B      | 130,0    | 134,0    | 142,0     | 142,0     |
| 4CF7-B93A-CD30               | B      | 114,0    | 112,0    | 118,0     | 118,0     |
| 4CF7-BD7F-F7E0               | B      | 118,0    | 118,0    | 122,0     | 122,0     |
| 4CF7-C07E-15D0               | B      | 135,0    | 132,0    | 130,0     | 126,0     |
| 4CEA-701B-9960               | B      | 136,0    | 145,0    | 138,0     | 138,0     |
| 4CEA-7239-AE80               | B      | 140,0    | 138,0    | 136,0     | 124,0     |
| 4CEA-7626-D5C0               | B      | 130,0    | 134,0    | 128,0     | 124,0     |
| 4CEA-7910-F2E0               | B      | 146,0    | 132,0    | 138,0     | 125,0     |
| 4CE7-EF28-0890               | B      | 136,0    | 132,0    | 130,0     | 134,0     |
| 4CE7-F442-3B90               | B      | 128,0    | 128,0    | 120,0     | 132,0     |
| 4CE7-FA3B-7740               | B      | 132,0    | 138,0    | 129,0     | 130,0     |
| 4CE8-031B-D000               | B      | 164,0    | 150,0    | 156,0     | 152,0     |
| 4CE8-086F-0546               | B      | 124,0    | 120,0    | 122,0     | 124,0     |
| 4CE8-0CA0-2F20               | B      | 162,0    | 165,0    | 163,0     | 163,0     |
| 4CE8-1343-718E               | B      | 135,0    | 142,0    | 135,0     | 142,0     |
| 4CE8-173E-9954               | B      | 135,0    | 140,0    | 144,0     | 135,0     |
| 4CE8-1B1B-BFE0               | B      | 125,0    | 128,0    | 134,0     | 134,0     |
| Mw                           |        | 133,2    | 134,1    | 134,2     | 133,2     |
| STABW                        |        | 11,6     | 11,2     | 10,7      | 9,9       |
| Gruppe A Bedingung Control   |        |          |          |           |           |
| Gruppe B Bedingung Treatment |        |          |          |           |           |

Anhang F Rohdaten PAT, Gruppe A

|                |        | Baseline | Control | Baseline | Control |
|----------------|--------|----------|---------|----------|---------|
| Pat_ID         | Gruppe | PAT_li   | PAT_li  | PAT_re   | PAT_re  |
| 4CEF-F73F-3844 | A      | 134      | 122     | 130      | 132     |
| 4CF0-308F-4564 | A      | 118      | 126     | 124      | 118     |
| 4CF0-483F-3236 | A      | 142      | 140     | 142      | 142     |
| 4CF0-4BEE-5708 | A      | 148      | 144     | 140      | 142     |
| 4CF1-486D-7003 | A      | 146      | 140     | 145      | 136     |
| 4CF7-CA15-75B6 | A      | 128      | 130     | 128      | 124     |
| 4CF7-CCDF-919C | A      | 140      | 140     | 138      | 142     |
| 4CEA-7D0E-1ADB | A      | 145      | 140     | 132      | 128     |
| 4CF7-A6F7-16A5 | A      | 138      | 128     | 142      | 136     |
| 4CF7-A95D-2EA0 | A      | 140      | 135     | 132      | 122     |
| 4CF7-AABE-3C65 | A      | 132      | 140     | 135      | 135     |
| 4CF7-AABC-1503 | A      | 120      | 118     | 115      | 126     |
| 4CE8-1FC5-EE8F | A      | 132      | 118     | 142      | 129     |
| 4CE8-2438-1B04 | A      | 128      | 132     | 134      | 136     |
| 4CE8-276C-3B0E | A      | 128      | 126     | 147      | 130     |
| 4CE8-2B8A-643E | A      | 134      | 136     | 142      | 134     |
| 4CE8-3213-A58E | A      | 140      | 148     | 138      | 143     |
| 4CE8-3638-CEFB | A      | 130      | 134     | 140      | 136     |
| 4CE8-3A59-F841 | A      | 150      | 152     | 158      | 158     |
| 4CE8-3FED-3002 | A      | 148      | 145     | 138      | 138     |
|                | MW     | 136,05   | 134,7   | 137,1    | 134,35  |

**Name:** \_\_\_\_\_

**Fragebogen für eine Studie des Kiefergelenks**

Das Ziel des Fragebogens ist es, einen Überblick über Beschwerden im Kiefergelenk und deren Auswirkungen auf die Wirbelsäule zu bekommen.

Bitte beantworten Sie **jede** Aussage.  
Kreuzen Sie bitte das Feld an, was Ihrer Empfindung **am ehesten** entspricht.  
Bei jeder Frage bitte nur **ein** Kreuz.

Stephan Klemm  
Physiotherapeut – Osteopath D.O., BSc

|                                                                                          | Stimmt nicht<br>0 | Stimmt eher nicht<br>1 | Stimmt eher<br>2 | Stimmt<br>3 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------|
| <b>Beweglichkeit</b>                                                                     |                   |                        |                  |             |
| Meine Halswirbelsäule ist mit Metalleinlage weniger beweglich                            |                   |                        |                  |             |
| Meine Halswirbelsäule ist mit und ohne Metalleinlage gleich beweglich.                   |                   |                        |                  |             |
| <b>Spannung</b>                                                                          |                   |                        |                  |             |
| Die Spannung im rechten Kiefergelenk ist mit und ohne Metalleinlage gleich               |                   |                        |                  |             |
| Die Spannung im Kieferbereich mit der Metalleinlage rechts waren rechts und links gleich |                   |                        |                  |             |
| Die Spannung im oberen Nacken ist mit Metalleinlage im rechten Kiefergelenk größer       |                   |                        |                  |             |

Anhang H Rohdaten Fragebogen C

|                | Gruppe | Item 1 | Item 2 | Item 3 | Item 4 | Item 5 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4CF0-4A43-4654 | B      | 0      | 3      | 1      | 1      | 0      |
| 4CF0-4D62-6591 | B      | 2      | 1      | 3      | 1      | 0      |
| 4CF0-4F0C-7633 | B      | 0      | 3      | 0      | 0      | 3      |
| 4CF0-5254-96FF | B      | 0      | 3      | 0      | 1      | 1      |
| 4CF0-509F-85F3 | B      | 2      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4CF7-AC05-492F | B      | 0      | 3      | 0      | 0      | 3      |
| 4CF7-ADAE-59C7 | B      | 1      | 2      | 1      | 0      | 2      |
| 4CF7-B255-8846 | B      | 1      | 2      | 0      | 0      | 3      |
| 4CF7-B415-99BE | B      | 0      | 3      | 0      | 0      | 0      |
| 4CF7-B7BF-BE6C | B      | 1      | 2      | 0      | 0      | 3      |
| 4CF7-B93A-CD38 | B      | 0      | 3      | 1      | 0      | 2      |
| 4CF7-BD7F-F7E7 | B      | 1      | 2      | 1      | 1      | 2      |
| 4CF7-C07E-15D6 | B      | 2      | 1      | 0      | 0      | 2      |
| 4CEA-701B-9963 | B      | 2      | 1      | 0      | 0      | 1      |
| 4CEA-7239-AE81 | B      | 1      | 2      | 0      | 0      | 3      |
| 4CEA-7626-D5C3 | B      | 1      | 2      | 0      | 0      | 3      |
| 4CEA-7910-F2EE | B      | 0      | 3      | 1      | 0      | 0      |
| 4CE7-EF28-0893 | B      | 0      | 1      | 3      | 0      | 3      |
| 4CE7-F442-3B91 | B      | 1      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| 4CE7-FA3B-774B | B      | 2      | 1      | 1      | 1      | 3      |
| 4CE8-031B-D003 | B      | 1      | 2      | 1      | 0      | 2      |
| 4CE8-086F-0546 | B      | 1      | 1      | 0      | 1      | 2      |
| 4CE8-0CA0-2F2C | B      | 1      | 2      | 0      | 0      | 2      |
| 4CE8-1343-718B | B      | 1      | 2      | 3      | 2      | 1      |
| 4CE8-173E-9954 | B      | 0      | 3      | 1      | 0      | 0      |
| 4CE8-1B1B-BFEA | B      | 0      | 3      | 2      | 3      | 2      |
| MW             |        | 0,81   | 2,08   | 0,81   | 0,46   | 1,65   |
| StabW          |        | 0,75   | 0,89   | 1,02   | 0,76   | 1,20   |

## **Anhang I** Einweisung und Aufwärmen der Probanden zur Anpassung des Körpers an die Okklusion

Bitte halten Sie den Biss, als ob sie ein Apfelstück durchbeißen während der gesamten Messungen.

Marschieren Sie eine Minute auf der Stelle, bewegen Sie die Arme im Gegentakt mit.

Beugen Sie sich zweimal maximal nach vorne und hinten.

Neigen Sie den Oberkörper abwechselnd zweimal nach rechts und links

Drehen Sie den Oberkörper abwechselnd zweimal nach rechts und links

Schlucken Sie zweimal

## **Anhang J** Instruktion zur Bewegungsvermessung der HWS

### **Positionsinstruktion: Ultraschalltopometrie der HWS**

Bitte setzen Sie sich auf den Stuhl, soweit wie möglich mit dem Gesäß an die Rückenlehne

Setzen Sie die Füße flächig auf, die Fersen auf gleiche Höhe mit der Markierung (Anmerkung des Verfassers: Es befanden sich zwei Klebestreifen in Form eines T unmittelbar vor dem Stuhl). Bitte positionieren Sie Ihre Füße im gleichen Abstand zur mittleren Markierung.

Legen sie Ihre Hände entspannt mit der Handinnenfläche nach oben in den Schoß.

Sitzen Sie aufrecht.

Nun erfolgte das Fixieren der Messinstrumente an Kopf und rechte Schulter

### **Verbale und optische Instruktion des Bewegungsablaufs: Ultraschalltopometrie HWS**

Halten Sie während der Messung den Biss

Neigen Sie den Kopf dreimal maximal nach vorne und hinten

Drehen Sie den Kopf dreimal abwechselnd nach rechts und links

Neigen Sie den Kopf dreimal abwechselnd nach rechts und links, rechtes Ohr zur rechten Schulter, linkes Ohr zur linken Schulter

Neigen Sie den Kopf maximal nach vorne, Kinn Richtung Brustbein. Drehen Sie nun den Kopf in dieser Position dreimal abwechselnd nach rechts und links

Legen Sie den Kopf maximal in den Nacken, Blick zur Decke. Drehen Sie in dieser Position den Kopf dreimal abwechselnd nach rechts und links

**Anhang K    Eidesstattliche Erklärung Master-Thesis**

Daten Studierende/r

|                        |                                         |
|------------------------|-----------------------------------------|
| Nachname Vorname Titel | Klemm, Stephan, D.O., BSc. (Hons.) Ost. |
| Personenkennzeichen    | 0930005012                              |
| Studiengang/Lehrgang   | MSc. Ost.                               |
| Jahrgang, Klasse       | 2009-2011                               |

Ich erkläre hiermit, dass ich die Master-Thesis zum Thema

Einfluß der Okklusion auf die HWS- sowie LBH- Region.

Vermindert eine kurzfristige, einseitige Störung der Okklusion die Beweglichkeit der Halwirbelsäulenrotation sowie der Hüftabduktion

angefertigt im Rahmen der Lehrveranstaltung

MSc. Ost. 2009-2011

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Texten entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Dies gilt für gedruckte Texte ebenso wie für dem Internet entnommene Texte, audiovisuelle Medien, Hörbücher und Bildnachweise.

Juni 2011

Datum

Unterschrift der/des Studierenden

## Anhang L    Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Entwicklung der Ohrmuschel. A: 6. Woche, B: 8. Woche, C: 10. Woche, D: 32. Woche. Im Rahmen der Entwicklung steigen die Ohrmuscheln von der Nackenregion zur Lateralseite des Kopfes auf. (entnommen aus Moore & Persaud, 1996, S. 517)..... | 10 |
| Abbildung 2: Trigeminale und Zervikale Innervation des Kopfes.....                                                                                                                                                                                        | 11 |
| Abbildung 3: Verlauf der drei Äste des Nervus trigeminus (entnommen aus Rohen (2000), S.204) .....                                                                                                                                                        | 14 |
| Abbildung 4: Kaumuskeln; M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus lateralis und medialis. Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005), p. 83 .....                                                                                                          | 19 |
| Abbildung 5: Übersicht der supra- und infrahyalen Muskulatur sowie des Musculus scalenus anterior, medius und posterior. Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005, p. 60) .....                                                                              | 20 |
| Abbildung 6: Darstellung der Musculi trapecius und sternocleidomastoideus. Entnommen aus MacKinnon, Morris (2005) p. 61 .....                                                                                                                             | 23 |
| Abbildung 7: Darstellung der suboccipitalen Muskulatur (entnommen aus Rohen, 2000) .....                                                                                                                                                                  | 24 |
| Abbildung 8: Schematische Darstellung der prävertebralen und posterioren zervikalen Muskulatur , entnommen aus Wilkie (Wilkie 1988).....                                                                                                                  | 25 |
| Abbildung 9: Schematische Darstellung vorderer und hinterer Halsmuskulatur (entn. aus Netter, 1995, S. 24) .....                                                                                                                                          | 27 |
| Abbildung 10: Der Nervus trigeminus: Vom Kauorgan zum Kortex (Mohammadi, 2004), entnommen aus Kursscript Cranio-Concept, p. 53.....                                                                                                                       | 38 |
| Abbildung 11: Darstellung der Untersuchungssituation mit einer männlichen Testperson.....                                                                                                                                                                 | 62 |
| Abbildung 12: Hardware mit Messwert-Erfassungssystem (1), Mikrofoneinheit (2) und Kopfhalterung (4).....                                                                                                                                                  | 63 |
| Abbildung 13: Schulterkappe (3) mit Referenz-Dreifachmarkern (9) .....                                                                                                                                                                                    | 64 |
| Abbildung 14: Kopfhalterung mit den Referenz-Dreifachmarkern (6, 7, 8) und Nasensteg (5) .....                                                                                                                                                            | 64 |
| Abbildung 15 : Durchführung des PAT aus Hülse & Losert-Bruggner (2002) .....                                                                                                                                                                              | 71 |
| Abbildung 16: Mittelwerte Gruppe A und Gruppe B für Rot_Rom_li., Baseline=1, Treatment=2. ....                                                                                                                                                            | 84 |
| Abbildung 17: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable Rot_RoM_re., Baseline= 1, Treatment=2. ....                                                                                                                                          | 85 |
| Abbildung 18: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable RoM_Rot_sum. Baseline=1, Treatment=2. ....                                                                                                                                           | 86 |

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 19: Mittelwerte für die Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT_li.<br>Baseline=1, <i>Treatment</i> =2. ....     | 88 |
| Abbildung 20: Mittelwerte für die Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT_rechts.<br>Baseline=1, <i>Treatment</i> =2. .... | 89 |
| Abbildung 21: Mittelwerte der Gruppe A und Gruppe B für die Variable PAT_sum.<br>Baseline=1, <i>Treatment</i> =2. ....        | 91 |
| Abbildung 22: Darstellung der mittleren Werte der Items aus dem Fragebogen C .....                                            | 95 |

## **Anhang M** Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1. Darstellung der Kiemenbögen und dem daraus entstehenden Gewebe (entnommen<br>aus Moore & Persaud, 1996, S. 222) .....                                                     | 7  |
| Tabelle 2. Somatomotorisches und somatosensibles Innervationsgebiet des Nervus trigeminus<br>(Zusammenfassung nach Trepel, 1999) .....                                               | 15 |
| Tabelle 3: Tabellarische Ansicht von Ursprung, Ansatz und Innervation der lumbopelvischen<br>Muskulatur .....                                                                        | 29 |
| Tabelle 4: Übersicht der standardisiert durchgeführten Muskelpalpation .....                                                                                                         | 69 |
| Tabelle 5: Intergruppenvergleich der demographischen Daten .....                                                                                                                     | 73 |
| Tabelle 6: Levene-Test auf Varianzhomogenität .....                                                                                                                                  | 74 |
| Tabelle 7: Bootstrap für Test bei unabhängigen Stichproben .....                                                                                                                     | 74 |
| Tabelle 8: Mittelwert (Mw), Standardabweichung (STABW), Median und Varianzbreite<br>(Range) der Baseline-Bewegungsmesswerte (RoM_Rot_sum, RoM_Rot_li, RoM_Rot_re) je<br>Gruppe ..... | 75 |
| Tabelle 9: Tests auf Normalverteilung für die unabhängigen Variablen: RoM_Rot_li,<br>RoM_Rot_re und RoM_Rot_sum .....                                                                | 76 |
| Tabelle 10: Mittelwerte (Mw), Standardabweichung (STABW), Median und Varianzbreite<br>(Range) der Baseline-Bewegungsmesswerte (PAT_sum, PAT_li, und PAT_re) je Gruppe .....          | 77 |
| Tabelle 11: Tests auf Normalverteilung für die unabhängigen Variablen: PAT_li, PAT_re und<br>PAT_sum .....                                                                           | 77 |
| Tabelle 12: Gruppenvergleich für die Baselinemessung RoM_Rot_sum, RoM_Rot_re und<br>RoM_Rot_li .....                                                                                 | 78 |
| Tabelle 13: Gruppenvergleich für die Baselinemessung PAT_li, PAT_re und PAT_sum .....                                                                                                | 78 |
| Tabelle 14: Dysfunktionen HWS gesamt .....                                                                                                                                           | 78 |
| Tabelle 15: Differenz Untersuchungsbedingung zu Baseline. Dysfunktionen gesamte HWS,<br>GruppeA .....                                                                                | 79 |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 16: Differenz Untersuchungsbedingung zu Baseline. Dysfunktionen gesamte HWS, Gruppe B | 79 |
| Tabelle 17: Dysfunktionen obere HWS (C0-2) Gruppe A und Gruppe B                              | 79 |
| Tabelle 18: Shift- Dysfunktionen HWS-Segmente C0-2                                            | 80 |
| Tabelle 19: Kreuztabelle für Shift C1. Baseline und Untersuchungsbedingungen, GruppeA         | 80 |
| Tabelle 20: Kreuztabelle für Shift C1. Baseline und Untersuchungsbedingungen, GruppeB.        | 80 |
| Tabelle 21: Deskriptive Statistik für die Variable RoM_Rot_li.                                | 82 |
| Tabelle 22: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM_Rot_li bei alpha = 0,05.     | 83 |
| Tabelle 23: Deskriptive Statistik für die Variable RoM_Rot_re.                                | 84 |
| Tabelle 24: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM_Rot_re bei alpha= 0,05.      | 85 |
| Tabelle 25: Deskriptive Statistik für die Variable RoM_Rot_sum.                               | 86 |
| Tabelle 26: Tests der Innersubjektkontraste für die Variable RoM_Rot_sum bei alpha= 0,05.     | 86 |
| Tabelle 27: Deskriptive Statistik für die Variable PAT_li.                                    | 87 |
| Tabelle 28: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT_li bei alpha= 0,05.           | 87 |
| Tabelle 29: Deskriptive Statistik für die Variable PAT_re bei alpha= 0,05.                    | 88 |
| Tabelle 30: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT_re bei alpha= 0,05.           | 89 |
| Tabelle 31: Deskriptive Statistik für die Variable PAT_sum.                                   | 90 |
| Tabelle 32: Test der Innersubjektkontraste für die Variable PAT_sum bei alpha= 0,05.          | 90 |
| Tabelle 33: Kreuztabelle, Gruppe A. Shift C1 in Baseline und Untersuchungsbedingungen.        | 92 |
| Tabelle 34: Chi Quadrat Tests Gruppe A , Shift C1.                                            | 92 |
| Tabelle 35: Kreuztabelle, Gruppe B. Shift C1 in Baseline und Untersuchungsbedingungen.        | 92 |
| Tabelle 36: Chi Quadrat Tests Gruppe B, Shift C1.                                             | 93 |
| Tabelle 37: Kreuztabelle, Shift C1. Gruppenvergleich in Untersuchungsbedingungen.             | 93 |
| Tabelle 38: Chi Quadrat Tests für Shift C1. Gruppenvergleich in Untersuchungsbedingungen.     | 93 |