



Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Fachbereich 07 Psychologie und Sportwissenschaft
Institut für Sportwissenschaft

Kurzbericht des Projekts:

„Beeinflussung des funktionellen Bewegungsraumes der Wirbelsäule und des Gleichgewichtsverhaltens infolge von SNAIX-Training“

Untersuchung zur Veränderung des funktionellen Bewegungsausmaßes der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule beim Gang und das statische Gleichgewichtsverhalten infolge des SNAIX-Fahrens“

Prof. Dr. Wolfgang I. Schöllhorn
Leonardocampus 15
48149 Münster

Fon: +49 251 83-34811
Fax: +49 251 83-38355
E-Mail: schoell@uni-muenster.de

Maren Michelbrink
Fon: +49 251 83-32305
Michelbrink@uni-muenster.de

Hendrik Beckmann
Fon: +49 251 83-39955
h.beckmann@uni-muenster.de

Thore Diekjobs
Fon: +49 251 8334870
tdiekjobs@uni-muenster.de

Eva Maria Kirschner
Fon: +49 251 8332322
kirschnev@uni-muenster.de

Daniela Welminski
Fon: +49 251 8334870
welminski@uni-muenster.de

Einleitung und Fragestellung

Im Unterschied zu herkömmlichen Fahrrädern zeichnet sich das SNAIX durch ein Scharniergelenk in der Mitte des Rades aus, das die Steuerachse bildet. Diese eigenartige Bauweise macht ein Lenken mit dem Lenker praktisch unmöglich, so dass der Umgang mit dem Rad neu erlernt werden muss. Das Fahren stellt aufgrund des Knickgelenkes eine schlängelnde dreidimensionale Bewegung dar, bei der vor allem die tieferen Muskelschichten im Lendenwirbelbereich beansprucht werden, die mit anderen Bewegungen nur selten erfasst werden (Stammer, 2004 in: Scholten 2004).

Neben motivationalen Steigerungen konnten Auswirkungen auf verschiedene andere Bereiche beobachtet werden. Im rehabilitativen Bereich bestätigen Freiburger Wissenschaftler, dass das SNAIX-Fahren positive Auswirkungen auf den Muskeltonus bei Patienten mit schweren Rückgratverkrümmungen haben und sogar eine Korrektur der dadurch bedingten Schiefe einleiten kann (Scholten 2004). Das Training der unteren Muskelgruppen bewirkt nach Stammer (2004 in Scholten 2004) eine Stabilisierung des Überganges von Lendenwirbelsäule zum Becken. Das dreidimensionale natürliche Bewegungsmuster wirkt muskulären Dysbalancen durch aktive Mobilisation entgegen (SNAIX-Glossar). Im sportlichen Bereich profitieren nicht nur Reiter von der Bewegungsform. Das SNAIX-Fahren wird vielmehr als ein Balance- und Reaktionstraining angeboten, das das gesamte Gleichgewichtssystem schult (Stammer 2004, in: Scholten 2004) und zur Ausbildung der Bewegungsintelligenz beitragen kann (SNAIX-Glossar). Der Einfluss des SNAIX-Fahrens auf diese und weitere Bereiche, wie die Konzentrationsfähigkeit, das Wohlbefinden, etc. konnte bisher vielfach beobachtet werden, allerdings fehlt hier bislang ein wissenschaftlicher Nachweis.

In der vorliegenden Untersuchung sollten ausgewählte beobachtete Effekte systematisch untersucht werden. Im Anschluss an eine Freiburger Pilotstudie mit dem Bewegungsanalyseprogramm „Cebri“ (Müller 2002), in der die 3-dimensionale Bewegung der Wirbelsäule beim SNAIX-Fahren analysiert wurde, liegt der Schwerpunkt in dieser Untersuchung auf der Auswirkung des SNAIX-Fahrens auf den funktionellen Bewegungsraum der Wirbelsäule beim Gang. Die Bewegungen werden mit dem Ultraschallmessgerät der Firma Friendly Sensors (Modell SonoSens) aufgenommen (vgl. Abbildung1), das bereits zur Haltungsbeurteilung von Servierpersonal (unveröffentlichte Diplomarbeit Lange 2001) und zur Analyse der Beeinflussung des Bewegungsraumes der Wirbelsäule nach Aufbisshilfen (Kopp et al. 2003) eingesetzt wurde. Als Konsequenz der enormen Anforderungen des SNAIX-Fahrens an die Gleichgewichtsfähigkeit von Erstanwendern wurde zusätzlich die Veränderung der statischen Gleichgewichtsfähigkeit infolge



Abbildung 1.
Darstellung
und
Applikation
des SonoSens
Messgerätes

des SNAIX-Trainings analysiert. Insgesamt werden drei Forschungsfragen formuliert, die mit dem in Kapitel 2 beschriebenen Untersuchungsdesign beantwortet werden sollen:

1. Welchen Einfluss hat das SNAIX auf die maximale Beweglichkeit der Wirbelsäule?
2. Wie verändert sich der funktionale Bewegungsraum der Wirbelsäule beim Gang infolge des SNAIX-Fahrens?
3. Verbessert das SNAIX-Fahren das statische Gleichgewichtsvermögen?

Methodik

Probanden

Es wurden 10 gesunde Sportstudenten in die Untersuchung einbezogen und in Kontroll- bzw. Trainingsgruppe mit jeweils fünf Probanden eingeteilt. Die Probanden hatten keine Vorkenntnisse auf dem SNAIX. Es waren keine körperlichen Beschwerden bekannt.

Material und Versuchsdurchführung

Die Untersuchung als Pretest-Posttest-Design mit Intervention und Retentionstest durchgeführt. Der Vortest umfasste einen Gleichgewichtstest mit sechs statischen und einer dynamischen Situation à 30 sec mit jeweils 3 Wiederholungen. Die Gleichgewichtsschwankungen wurden mit einer Kraftmessplatte (Modell: KISTLER 9281B) bei einer Samplingrate von 1000 Hz erfasst, über eine AD-Wandlerkarte (NiDAQ 6024E) digitalisiert und mit dem Datenverarbeitungsprogramm DASLAB 6.0 verarbeitet. Des Weiteren wurde ein Gangtest von 10 Minuten Dauer auf einer festgelegten Strecke durchgeführt, der durch Hallenlinien gekennzeichnet war. Während des Gangtests wurde die Bewegung der Wirbelsäule mit dem Ultraschallmessgerät (FRIENDLY SENSORS, Sonosens) durchgeführt (vgl. Abbildung 1), das nach dem Prinzip der Ultraschalldistanzmessung vorgeht (vgl. Abbildung 2).

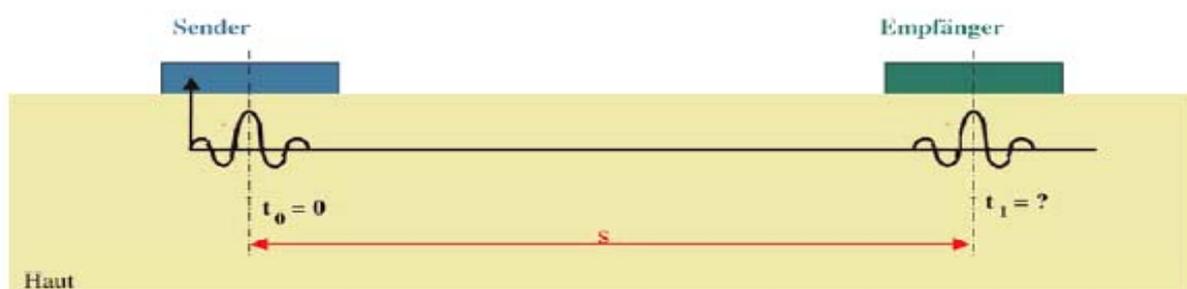


Abbildung 2. schematische Darstellung der Funktionsweise des Sender-Empfänger-Prinzips der Ultraschallwellen

Zur Auswertung der Ganganalyse werden vom SonoSens System 3 Messintervalle vorausgesetzt: 1. eine Ruhemessung zur Ermittlung der Wirbelsäulenabschnittslängen, 2.

eine Messung unter maximaler Bewegung in Flexion/Extension, Lateralflexion und Torsion zur Kalibrierung des Ultraschallmessgerätes und 3. die Gangmessung. Insgesamt wurden 12 Kanäle bei einer Samplingrate von 10 Hz aufgenommen.

Die Intervention bestand aus 3 mal 3 Trainingseinheiten à 20 Minuten auf dem SNAIX mit dem Ultraschallmessgerät. Im Training wurden keine speziellen Angaben über die Art und Weise gemacht, wie trainiert werden sollte. Dadurch sollte die Situation imitiert werden, in der SNAIX auch im alltäglichen Gebrauch und ohne Anwesenheit eines Trainers oder Physiotherapeuten Anwendung findet und von rehabilitativer Wirkung sein soll. Insbesondere sind bislang keine quantitativen Angaben über das optimale Training auf dem SNAIX bekannt. (Für den Vergleich zweier Trainingsmethoden zum Erlernen des SNAIX-Fahrens vgl. Forschungsbericht „Unterschiedliche Trainingsmethoden zum Erlernen des SNAIX-Fahrens“ von Juli 2005.). Alle Probanden verbrachten die gleiche Zeit auf dem SNAIX und fuhren annähernd ohne Pause 20 min lang.

Zusätzlich wurde ein Leitplastik Goniometer der Firma MEGATRON (Modell M20) am Gelenk des SNAIX befestigt, das eine Kontrolle über das Bewegungsausmaß des SNAIX lieferte. Das Signal wurde mit 1000 Hz aufgenommen, digitalisiert und über eine WLAN-Verbindung zum PC übertragen.

Um die Geschwindigkeit und Stabilität der Gangveränderung infolge des SNAIX-Fahrens zu testen, wurde nach dem ersten und nach jedem dritten Training ein weiterer Gangtest durchgeführt. Der Posttest fand drei Wochen nach dem Pretest bzw. nach dem letzten Training statt.

Acht Tage nach dem Posttest wurde ein Retentionstest durchgeführt, der nochmals den Gleichgewichts- und Gangtest umfasste. Eine tabellarische Darstellung der Versuchsdurchführung erfolgt in Tabelle 1.

Maßnahme	Pretest	Intervention	Posttest	Retentionstest
Zeitplan		3 Tage nach dem Pretest	Ca. 3 Wochen nach dem Pretest bzw. nach der letzten Trainingseinheit	8 Tage nach dem Posttest:
Inhalt und Beschreibung	- 10 min- Gang auf festgelegter Strecke mit dem SonoSens - Gleichgewichtstest: sechs statische (Augen geöffnet/geschlossen; einbeinig/beidbeinig) à 30 sec. und eine dynamische Gleichgewichtsaufgabe à 60 sec. Drei Wiederholungen in randomisierter Reihenfolge	-3 mal 3 Trainingseinheiten à 20min auf dem SNAIX an drei aufeinanderfolgenden Tagen - 10 min Gang direkt nach 1., 3. und 6. Trainingseinheit (wie im Pretest)	10 min Gangtest wie im Pretest Gleichgewichtstest	10 min Gang wie in Pretest und Posttest Gleichgewichtstest

Tabelle 1. Versuchsdurchführung eingeteilt in Pretest, Intervention, Posttest und Retentionstest

Die Applikation der SonoSens-Sensoren fand vor jedem Training bzw. Gangtest statt. Insgesamt 8 Sensoren wurden paravertebral an der Wirbelsäule im Abstand von 5 cm mit Hilfe von firmeneigenem Klebevlies angeordnet. Die Klebestellen der Sensoren befanden sich am Hals bei C3/C4, an der BWS bei TH3/TH4 und TH11/Th12 und an der LWS bei L4/L5 (vgl. Abbildung 3). Vor der Applikation wurden die entsprechenden Körperstellen rasiert und mit Alkoholpads gereinigt. Die Sensoren wurden mit Fixomull befestigt. Die Kalibrierung erfolgte durch eine Ruhemessung und Messungen unter maximaler Flexion, Extension, Lateralflexion (li/re) und Torsion (li/re), wie im Handbuch zum SonoSens Messgerät beschrieben.



Abbildung 3.
Applikation der Sensoren

Trotz Markierung entsprechender Befestigungsstellen wurden Schwankungen innerhalb der vom SonoSens-Analyser berechneten Wirbelsäulenabschnittslängen festgestellt, die teils auf unterschiedliche Untersuchungsleiter, teils auf Schwankungen der Körperstellungen während der Kalibrierung und zum Teil auf materialbedingte Defizite zurückgeführt werden. Diesbezüglich könnte die Annahme einer hinreichend erfüllten Reliabilitätsbedingung in Frage gestellt werden.

Primäre Datenverarbeitung und Auswahl der Messparameter

Die auf dem SonoSens gespeicherten Daten wurden mit dem SonoSens-Analyser eingelesen und als bin-Dateien abgespeichert. Die Verarbeitung der bin-Dateien erfolgte durch Mitarbeiter der Firma Friendly Sensors, die die ermittelten Messparameter und dazugehörige Ergebnisprotokolle der Untersuchung zur Verfügung stellte. Aus den verfügbaren Parametern und Ergebnisprotokollen wurde für die vorliegende Untersuchung eine Auswahl getroffen (vgl. Tabelle 2).

Die Ergebnisprotokolle (wo sind diese?) enthalten Flexionsdiagramme, Bodygramme, Torsionsdiagramme und eine Tabelle über den sagittalen Beugungsindex (SBI) und den frontalen Beugungsindex (FBI). Flexionsdiagramme ermöglichen die Visualisierung der Gesamtkörperhaltung. Für die 3 Wirbelsäulenabschnitte (HWS, BWS, LWS) werden jeweils die Flexion, die Extension und die Lateralflexion in Histogrammform dargestellt, die farblich kodiert ist. Sagittal- und Frontalbodygramme geben die Häufigkeitsverteilung für Flexions- und Extensionsbewegungen bzw. Lateralflexion in Balkendiagrammen wieder. Torsionsdiagramme zeigen letztlich die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Torsionswerte ebenfalls in Form von Balken an.

Die Verarbeitung der Gleichgewichtsdaten erfolgte mit der Software Matlab 7.0. Zur Auswertung wurden eigens entwickelte Programme verwendet, die die Bestimmung von ausgewählten Gleichgewichtsparametern (vgl. Tabelle 2) ermöglichten.

Forschungsfrage 1: Veränderung der Wirbelsäulenmobilität	Forschungsfrage 2: Veränderung der Wirbelsäulenkoordination beim Gang	Forschungsfrage 3: Veränderung der statischen Gleichgewichtsfähigkeit
Pretest-Posttest-Vergleich für: <ul style="list-style-type: none"> • Maximale Flexion • Maximale Extension • Maximale laterale Beweglichkeit links/rechts • Maximale Torsion links/rechts 	Pretest-Posttest-Vergleich für: <ul style="list-style-type: none"> • Regularitätsindex 	Pretest-Posttest-Vergleich für: <ul style="list-style-type: none"> • Varianz der COP • Diffusionskoeffizienten für den Kurz- und Langzeitbereich • Hurstexponenten für den Kurz- und Langzeitbereich • Länge der Cop

Tabelle 2. Auswahl der Messparameter in Abhängigkeit von den Forschungsfragen

Sekundäre Datenverarbeitung – Statistik

Die statistische Auswertung der Wirbelsäulenbewegung und der Gleichgewichtsdaten erfolgte vor allem deskriptiv und einzelfallanalytisch anhand der vom SonoSens Analyzer erstellen Ergebnisprotokolle (vgl. Abbildungen 4-6). Für die in Tabelle 2 dargestellten Parameter wurde zusätzlich eine inferenzstatistische Gruppenauswertung vorgenommen, die im Falle der ersten beiden Forschungsfragen mit nichtparametrischen Verfahren angegangen wurde. In allen Fällen wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ festgelegt.

Um mögliche Unterschiede der Trainings- und Kontrollgruppe vor und nach der Intervention auf statistische Signifikanz zu prüfen, wurde der U-Test nach Mann-Whitney herangezogen. Unterschiede innerhalb der Trainingsgruppe wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Tests geprüft.

Forschungsfrage 3 wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Gruppe) mit Messwiederholung untersucht. Aus vorherigen statistischen Untersuchungen ist bekannt, dass der Faktor Übung einen höchstsignifikanten Haupteffekt bei *allen* Parametern und keinen Interaktionseffekt zum Faktor Gruppe aufweist, so dass die Analyse über alle Übungen gleichzeitig betrachtet wurde. Die Analyse erfolgte über die Mittelwerte aus jeweils drei Wiederholungen, so dass pro Zeitpunkt 30 Daten (2 Gruppen à 5 Probanden, 6 Übungen) zur Verfügung standen.

Ergebnisse

Aufgrund von messtechnischen und -praktischen Schwierigkeiten wiesen die Daten des SonoSens in einigen Fällen Mängel auf, die von der Firma Friendly Sensors teilweise korrigiert und teilweise als unbrauchbar deklariert wurden. In letzteren Fällen wurden entsprechende Daten aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen, korrigierte Daten wurden nach Absprache mit Friendly Sensors in die Analyse einbezogen.

Forschungsfrage 1

Messparameter und Kalibrierung:

Frequenz: 10 Hz
 Messintervalle: 3 (inkl. Kalibrierung und Beweglichkeit)

Kalibrierung:

	LWS	BWS	HWS
Ausgangslänge [mm]	110	373	106
Ausgangslänge [mm] (T)	131	376	114

Beweglichkeit:



	LWS	BWS	HWS
Max. Flexion [%]	30	13	7
Max. Extension [%]	-15	-5	-35
Max. Lateralflexion rechts [%]	12	13	11
Max. Lateralflexion links [%]	-18	-13	-10
Max. Torsion rechts [%]	19	9	24
Max. Torsion links [%]	-11	-8	-17

Abbildung 4. Beispiel für ein Ergebnisprotokoll der Beweglichkeitsparameter

Die visuelle Auswertung der Ergebnisprotokolle der einzelnen Probanden lies auf keinen eindeutigen Trend bezüglich der Veränderung der Beweglichkeit von vorher zu nachher schließen. Auch die inferenzstatistische Auswertung der maximalen Beweglichkeitskoeffizienten ergab keine signifikanten Ergebnisse. Der U-Test nach Mann-Whitney, der zur Analyse der Unterschiede von Kontroll- und Trainingsgruppe vor und nach der Intervention eingesetzt wurde, zeigte in bis auf einen Parameter im Posttest (maximale Flexion LWS) keine signifikanten Ergebnisse an. Auch der Wilcoxon-Test zur Analyse der Beweglichkeitsveränderung innerhalb der Trainingsgruppe nach der Intervention führte in lediglich einem Parameter (maximale Flexion HWS) zu einem signifikanten Ergebnis (vgl. Anhang).

Forschungsfrage 2

Bei der einzelfallanalytischen visuellen Auswertung der Flexions-, Body- und Torsionsdiagramme bezüglich des funktionalen Bewegungsraumes wurde folgendes beobachtet: Für die Trainingsgruppe traten in sagittaler Ebene betrachtet die größten Veränderungen beim Gang vor allem im Lendenwirbelbereich auf. Frontal gesehen wies vor allem die Hals- und die Lendenwirbelsäule Veränderungen bezüglich der Häufigkeitsverteilung des Bewegungsraumes auf (vgl. Abbildung 5). Auch die

Torsionsdiagramme zeigten im Lendenwirbel- und Halswirbelbereich die größten Veränderungen an (vgl. Abbildung 6). Transversale Flexionsdiagramme zeigten vor allem im Lenden- und Brustwirbelbereich Veränderungen an. Allerdings kann weder ein eindeutiger Trend bezüglich der Richtung der Veränderung beschrieben, noch kann diese Beobachtung auf eine der beiden Gruppen allein bezogen werden. Die Kontrollgruppe wies in Sagittal- und in Torsionsebene ebenfalls Veränderungen im Lendenwirbelbereich auf, für die anderen Bereiche konnten leichte Veränderungen in allen Wirbelsäulenbereichen festgestellt werden. Der U-Test nach Mann-Whitney zur Kontrolle der Unterschiede zwischen den Gruppen in Pre- Post und Retentionstest fiel in keinem Fall signifikant aus. Ein Vergleich des Regularitätsindex innerhalb der Trainingsgruppe zu den verschiedenen Zeitpunkten durch den Wilcoxon-Test brachte ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse.

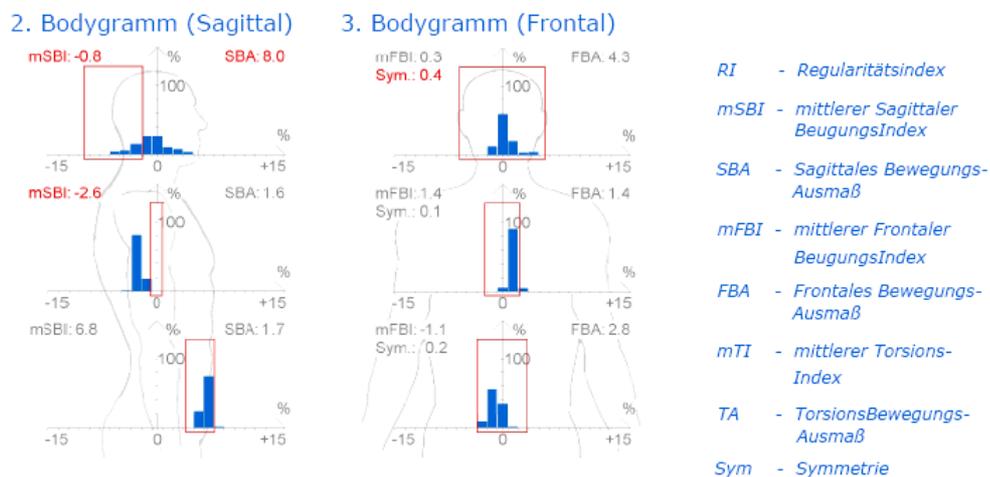


Abbildung 5. Beispiel eines sagittalen (links) und frontalen (rechts) Bodygramms

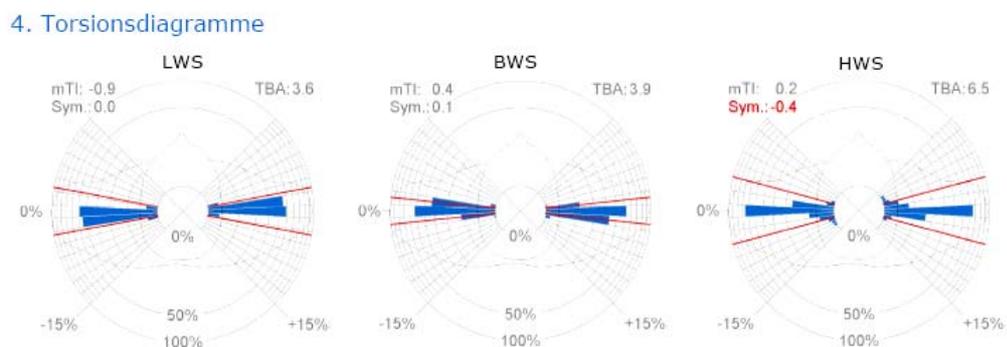


Abbildung 6. Beispiel eines Torsionsdiagrammes

Forschungsfrage 3

Im Vordergrund stand die Frage, ob das SNAIX-Fahren die statische Gleichgewichtsfähigkeit beeinflusst, die mit 6 verschiedenen Übungen getestet wurde (vgl. Tabelle1). Die Auswertung der Körperschwankungen erfolgte über verschiedene, in der Literatur häufig verwendete Parameter.

Die Voraussetzungen zur Rechnung einer Varianzanalyse (Normalverteiltheit der Residuen, Homogenität der Varianzen) waren in einigen Fällen verletzt. Aufgrund der Robustheit varianzanalytischer Verfahren gegen solche Verletzungen wurde die einfaktorielle Variante dennoch gerechnet.

Die Analyse der Gleichgewichtsparameter der Trainings- und Kontrollgruppe zu den unterschiedlichen Zeitpunkten lieferte in bis auf einem Parameter (H1) keine signifikanten Unterschiede. Ein Vergleich der deskriptiven Beschreibungsgrößen lässt auf keinen Trend schließen.

Diskussion und Fazit

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die auf Beobachtungen und Erfahrungen basierenden Veränderungen der funktionalen Beweglichkeit der Wirbelsäule beim Gang infolge des SNAIX-Fahrens quantitativ statistisch nachzuweisen. Dazu wurde ein Untersuchungsdesign gewählt, das im Rahmen eines Pretest-Posttest Verfahrens mit Intervention und Retentionstest sowohl die maximale Beweglichkeitsveränderung als auch die funktionale Bewegung der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule mit einem Ultraschallmessgerät erfasste. Zusätzlich wurde ein statischer Gleichgewichtstest in die Untersuchung eingebunden, der die Veränderung des Gleichgewichtsvermögens infolge des SNAIX-Fahrens erfassen sollte.

Die Auswertung erfolgte sowohl einzelfallanalytisch und visuell anhand von Ergebnisprotokollen, als auch inferenzstatistisch für ausgewählte Parameter. Auch wenn die Probanden der Trainingsgruppe über "ein merkwürdiges Gefühl" bzw. eine "lockere Hüfte" berichteten, konnten diese körperlichen Erfahrungen nicht mit den ausgewählten Parametern statistisch nachgewiesen werden. Es konnte keine signifikanten Ergebnisse bezüglich der Veränderung der maximalen Beweglichkeit bzw. des funktionalen Bewegungsraumes beim Gang festgestellt werden. Hierfür werden unterschiedliche Gründe in Betracht gezogen:

Erstens können die am eigenen Leib erfahrenen Veränderungen für jeden Probanden individuell unterschiedlich sein, so dass das Mitteln über die gesamte Gruppe, individuelle Effekte herausfiltern könnte. Die visuelle Auswertung der Ergebnisprotokolle bekräftigt diese Annahme, da auch hier zwar Veränderungen, aber kein eindeutiger Trend nachgewiesen werden konnte. Allerdings muss in diesem Rahmen erwähnt werden, dass auch Veränderungen innerhalb der Kontrollprobanden beobachtet wurden.

Ein zweiter Grund könnte darin bestehen, dass die vom SNAIX bewirkten Veränderungen durch das SonoSens Gerät nicht sensitiv genug erfasst werden können. Das Ultraschallmessgerät beruht auf Basis von Distanzmessungen, die natürlich von der Applikation der Sensoren abhängig ist. Obwohl die Klebestellen an der Wirbelsäule markiert wurden, konnten intraindividuelle Schwankungen nicht vermieden werden. Entsprechende Schwankungen hatten dahingehend Auswirkungen, dass die Einzellängen der Wirbelsäulenabschnitte sich von einer zur nächsten Messungen erheblich unterschieden, also üblichen Kriterien der Reliabilität nicht genügen. Diese Defizite werden sowohl auf messpraktische (Haltung des Probanden, Abhängigkeit vom Untersucher), als auch auf messtechnische (Sensordefekte) Probleme zurückgeführt. Im Falle optimaler Messbedingungen erfasst das Gerät die Distanzänderungen von einem Sensor (Sender) zum anderen (Empfänger) während der gesamten Bewegung. Ob die Distanzänderung der Sensoren ein ausreichender Indikator für die Beanspruchung der tieferen Muskelschichten beim SNAIX-Fahren ist, bleibt hierbei offen. Messungen mit Oberflächen-EMG würden stattdessen Informationen über die Aktivierungsänderungen dieser Muskelpartien liefern, die möglicherweise aufschlussreichere Interpretationen zulassen. Allerdings muss gerade hier immer mit Übersprechungen verschiedener übereinander liegender Muskelschichten gerechnet werden.

Letztlich bleibt offen, welchen Effekt das SNAIX-Fahren auf den Muskel-Sehnen-Apparat tatsächlich hat, so dass möglicherweise andere Messapparaturen hinzugezogen werden müssten. Allerdings deuten die Ergebnisse zur Beeinflussung der funktionalen Wirbelsäulenmobilität (Forschungsfragen 1 und 2) in der Tendenz darauf hin, dass das SNAIX-Fahren die größten Effekte auf die Lendenwirbelsäule hat. Zudem konnten Einflüsse auf die Halswirbelsäule beobachtet werden, die in Anbetracht der dreidimensionalen Bewegung biomechanisch gesehen zu erwarten sind, allerdings mathematisch nicht so trivial zu modellieren sind. Die Fortpflanzung der durch das SNAIX verursachten Drehmomente im Lendenwirbelbereich erfordern weitere Untersuchungen.

Die Tatsache, dass das SNAIX-Fahren keinen signifikanten Effekt auf die statische Gleichgewichtsfähigkeit hat, kann möglicherweise mit kontrollstrategischen Gründen des Gleichgewichtes erklärt werden. Allgemein unterscheidet man zwei Strategien zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes beim Stand, die Knöchel- und die Hüftstrategie. Beim statischen Gleichgewicht junger gesunder Menschen wird vor allem die Knöchelstrategie verwendet, die Hüftstrategie wird im Unterschied zu älteren Menschen häufig erst bei größeren Störungen eingesetzt. Die Bewegung des SNAIX hat allerdings vor allem Auswirkungen auf die Hüfte, während der Fußbereich keine außergewöhnliche Beanspruchung erfährt. Möglicherweise liefert eine Analyse mit dynamischen

Messplattformen aufschlussreichere Ergebnisse bezüglich der Beeinflussung der Gleichgewichtsfähigkeit.

Insgesamt konnte die vorliegende Untersuchung nur tendenzielle Bestätigungen der aus Erfahrungen berichteten Einflüsse des SNAIX-Fahrens auf die Wirbelsäule und das Gleichgewichtsvermögens liefern. Es wird empfohlen, entsprechende Nachweise über andere Messinstrumente und möglicherweise andere Untersuchungsdesigns zu wiederholen.