

Bachelorarbeit

**Der Einfluss einer adoleszenten idiopathischen
Skoliose auf das Gleichgewicht
– ein Überblick**

Christoph Hauser

Amtsstrasse 4

8610 Uster

Matrikelnr.: 071-663-74

Departement:	Gesundheit
Institut:	Institut für Physiotherapie
Studienjahr:	2007
Eingereicht am:	20. Mai 2010
Betreuende Lehrperson:	Rainer Brakemaier

Inhaltsverzeichnis

1 Abstract	3
2 Einleitung	4
2.1 Ziel	5
2.2 Fragestellung	5
2.3 Vorgehen	5
3 Theoretische Grundlagen	7
3.1 Die dreidimensionale idiopathische Skoliose	7
3.1.1 Definition.....	7
3.1.2 Ätiologie und Epidemiologie	7
3.1.3 Diagnostik.....	8
3.1.4 Einteilung der Skoliose - Krümmungstypen.....	8
3.1.5 Folgen.....	10
3.1.6 Therapiemöglichkeiten und Behandlungsziele	10
3.1.7 Die Bedeutung der Muskulatur	11
3.2 Posturale Kontrolle / körperliches Gleichgewicht	12
3.2.1 Die Beziehung zwischen posturaler Kontrolle und Gleichgewicht.....	12
3.2.2 Faktoren des Gleichgewichts	13
3.2.3 Kontrollsysteme und Gleichgewichtsstrategien	15
4 Aktueller wissenschaftlicher Stand	17
4.1 Gleichgewichtstraining als Element der Skoliosebehandlung	17
4.2 Studien zu einzelnen Aspekten von Skoliose und Gleichgewicht.....	18
5 Diskussion	23
5.1 AIS-Patient – das statische Gleichgewicht	24
5.2 AIS-Patient – das dynamische Gleichgewicht	25
5.3 AIS-Patient – Das Gleichgewicht in Bezug auf die Lokomotion	27
6. Schlussfolgerung	29
7 Eigenständigkeitserklärung	31
8 Verzeichnisse	32
8.1 Literaturverzeichnis	32
8.2 Abbildungsverzeichnis	34

8.3 Tabellenverzeichnis	35
9 Dank	36
10 Anhang.....	37

In der vorliegenden Arbeit wird immer die männliche Form verwendet, die stellvertretend für beide Geschlechter steht.

1 Abstract

Die vorliegende Bachelorarbeit setzt sich mit der adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS) in Bezug auf das Körpergleichgewicht auseinander. Nach einer Beschreibung allgemeiner Merkmale einer Skoliose sowie der Faktoren des Gleichgewichtes wird ein Überblick über die bis anhin noch wenig untersuchten Auswirkungen der Skoliose auf das statische und dynamische Gleichgewicht sowie auf die Lokomotion gegeben. Es wird aufgezeigt, wie die verschiedenen Skoliosetypen auf diese unterschiedlichen Herausforderungen reagieren und ob entsprechendes Training des Gleichgewichtes für AIS-Patienten auf Grund ihrer reduzierten posturalen Kontrolle indiziert sein kann. Dazu werden vier publizierte Studien aus den erforschten Datenbanken PubMed, Medline, CINAHL, AMED und PEDro verwendet, welche das Gleichgewicht an Jugendlichen mit physiotherapierelevanter Skoliose testeten. Deren Ergebnisse werden unter Berücksichtigung von sensomotorischen Faktoren untereinander verglichen und diskutiert. Die Untersuchungen zeigen, dass die Lage und die Winkelgrösse der Skoliose einen signifikanten Einfluss auf das Gleichgewicht in statischen wie in dynamischen Aufgaben haben. Eine Skoliose mit zwei ähnlich ausgeprägten Kurven scheint in allen Tests weniger Gleichgewichtsprobleme zu verursachen als eine einseitig ausgeprägte Skoliose. Auch ist das Gleichgewicht stärker affektiert, je grösser der Cobb-Winkel ist. In die Balance herausfordernden Situationen zeigt die Skoliose einen Streckreflex über die ganze Wirbelsäule. Weiter werden beim einfachen Gehen eine signifikante Reduktion von Gehtempo, Schrittlänge aber auch eine unterschiedliche Balancestrategie zwischen AIS- und Kontrollgruppe gemessen. Es bleibt stets die Frage offen, wie weit das vestibuläre System unter gegebenen Umständen reduziert ist. Als Intervention ist die statische Gleichgewichtsförderung eher für die lumbale Skoliose und das dynamisches Gleichgewichtstraining eher für die thorakale Skoliose anzuwenden. Die Effektivität eines Gleichgewichtstrainings bei AIS-Patienten muss noch detaillierter untersucht werden, doch geben die Resultate der Studien Grund zur Annahme, dass die Förderung des Gleichgewichts in der Physiotherapie unter Anpassung der Aufgabe an den Patienten als Ergänzung zur konventionellen Therapie angewendet werden soll.

Keywords: *idiopathic scoliosis, adolescence, balance, static, dynamic, locomotion*

2 Einleitung

Eine Verformung der Wirbelsäule, wie sie die Skoliose darstellt, stellt in der heutigen, von der Ästhetik geprägten Gesellschaft, eine grosse Belastung dar. Doch nicht nur wegen der Unförmigkeit, sondern vor allem auf Grund der körperlichen Beschwerden als Folge sowie der Gefahr für Langzeitschäden kann dies für den Patienten ein grosses gesundheitliches Problem sein oder sich zu einem Problem entwickeln. Schon um 400 vor unserer Zeitrechnung beschrieb Hippokrates, dass am Rückgrat infolge von Krankheit durch eine Verzerrung von Wirbeln ein Buckel entstehe und dass in den meisten Fällen eine Heilung unmöglich sei. Weiter beschrieb er, dass eine Schädigung des Rückenmarkes häufig nicht mit einer Wirbelsäulenverkrümmung einhergehe, da die Wirbelsäule sich auch beim Gesunden auf mehrfache Weise krümme und dies das Rückenmark gut ertrage. Die Krümmung fände in einem Kreisbogen und nicht winklig statt (Von Stempel, 2001).

Mein Interesse an dem Krankheitsbild einer dreidimensionalen idiopathischen Skoliose wurde an einem Hospitationstag in einer Physiopraxis für Kinder durch eine junge Patientin mit einer adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS) geweckt. Ihr offener, selbstverständlicher Umgang mit ihrer „Deformierung“ sowie ihre Körperkontrolle beim Ausführen der Übungen waren bemerkenswert. Zum Erstaunen brachte mich die junge Frau, als sie kurzfristig durch das Korrigieren ihrer Haltung ihre Skoliose aufheben konnte. In lockerer Ausgangsstellung war eine leichte Dislozierung des Kopfes aus der Sagittalebene mit leichter Rotation nach links zu beobachten, welche durch die Haltungskorrektur aufgehoben wurde.

Dies führt unweigerlich zur Frage, ob und wie die durch die Skoliose veränderte Haltung das körperliche Gleichgewicht beeinflusst. Oder beeinflusst das Körpergleichgewicht durch eine Haltungsanpassung die Skoliose? Zur Skoliose wie auch zu Gleichgewichtsstörungen werden heutzutage in der Physiotherapie verschiedene Interventionen angeboten. Eine Diskussion des Zusammenhangs "Skoliose – Gleichgewicht" erscheint wichtig, um die Bedeutung entsprechender Übungen für die physiotherapeutischen Interventionen abzuschätzen. So besteht bereits ein Konzept (SEAS nach Romano, Negrini, Parzini & Negrini, 2008a), welches unter Einbezug von Balanceübungen in der Behandlung von idiopathischer Skoliose bei Jugendlichen zu verbesserter Koordination und Gleichgewicht führt. Andere Arbeiten gehen

Einzelaspekten zum Thema Gleichgewicht und Skoliose nach und bieten Hinweise zu Detailfragen in der Intervention.

2.1 Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die bereits bestehenden Erkenntnisse des Zusammenhanges Skoliose – Gleichgewicht zu schaffen, um Hinweise für eine patientengerechte Therapie zu erhalten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Untersuchungen, die bei Jugendlichen mit idiopathischer Skoliose das Körpergleichgewicht im Stand und beim Gehen untersuchen. Es wird angestrebt, bei allfälliger physiotherapeutischer Relevanz, eine Aussage bezüglich Anpassungen für sinnvolle Interventionen machen zu können.

Die Arbeit richtet sich primär an Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten.

2.2 Fragestellung

Folgende Fragestellung wird diskutiert:

„Wie wirkt sich die dreidimensionale idiopathische Skoliose bei Jugendlichen auf ihr körperliches Gleichgewicht aus und welche Auswirkung hat dies auf die Interventionen der Physiotherapie?“

2.3 Vorgehen

Es wurde unter Anwendung der Keywords *idiopathic scoliosis, adolescence, balance, static, dynamic, locomotion* in den relevanten Datenbanken PubMed, Medline, CINAHL, AMED und PEDro nach Studien gesucht. Die Ergebnisse der Schlagwörter *idiopathic scoliosis* und *balance* wurden verschieden mit einer Form der Balance *static, dynamic oder locomotion* erweitert. Die Anzahl der Studien, welche bei Jugendlichen den direkten Einfluss der dreidimensionalen idiopathischen Skoliose (DIS) auf das körperliche Gleichgewicht oder den Einfluss von Gleichgewichtstraining auf die DIS untersuchten, war gering. Sieben Studien kamen in die engere Wahl. Die Ausprägung der Skoliose sowie die gemessene Gleichgewichtsproblematik im Stand und beim Gehen waren die Hauptkriterien bei der Auswahl der Studien. Studien, die Operationen oder Korsett beinhalteten oder vor 1990 verfasst wurden, wurden ausgeschlossen. Von diesen sieben Studien wurden drei zurückgestellt, da sie den Hauptkriterien nicht genügend entsprachen: eine Studie schied auf Grund des nicht physio-relevant hohen Grades der Skoliose aus, zwei weitere wurden wegen des Studiendesigns und der untersuchten Aktivität nicht berücksichtigt (siehe Matrix im Anhang).

Vier Studien konnten verwendet werden. Literatur zu Grundlagen der AIS und dem Körpergleichgewicht wurde einzeln unter den erwähnten Begriffen in medizinischen Bibliotheken gesucht. Zu Aspekten der physiotherapielevanten Interventionen wurden eine Publikation sowie Fachbücher verwendet.

3 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird das Krankheitsbild der idiopathischen Skoliose sowie das Körpergleichgewicht mit den zusammenhängenden, beteiligten Faktoren vorgestellt und erläutert.

3.1 Die dreidimensionale idiopathische Skoliose

3.1.1 Definition

Niethard & Pfeil (2005) definieren die dreidimensionale idiopathische Skoliose als „Wachstumsdeformität der Wirbelsäule mit fixierter Seitenausbiegung, Torsion der Wirbel und Rotation des Achsenorgans“ (S.344).

Nach Lehnert-Schroth (2007) ist bei einer dreidimensionalen idiopathischen Skoliose die Wirbelsäule in allen drei Ebenen frontal (Seitenabweichung), sagittal (Veränderung Kyphose und Lordose) und transversal (Rotation der Wirbel) verschoben. Der Kopf liegt nicht mehr über dem Körperschwerpunkt.

3.1.2 Ätiologie und Epidemiologie

Die Ursache der Skoliosen ist bei ca. 80% - 85% idiopathisch. Sie werden in infantile Skoliosen (bis vier Jahre), juvenile Skoliosen (bis zehn Jahre) und adoleszenten (von Beginn der Pubertät bis Abschluss der Wachstumsphase, bis ca. 20 Jahre) Skoliosen eingeteilt (Niethard & Pfeil, 2005). Die restlichen 20% sind Krankheitsbildern wie Lähmung, Marfan- und Ehlers-Danlos-Syndrom, Neufibromatose, Osteochondrodystrophie, Spondylolyse und Spondylolisthesis, degenerativer Lumbalskoliose, Morbus Scheuermann und nichtstrukturelle Skoliosen zuzuordnen (Von Stempel, 2001).

Von Stempel (2001) erwähnt, dass bis heute noch keine wesentlichen Erkenntnisse über die Ursache der dreidimensionalen idiopathischen Skoliose (DIS) gemacht wurden. Die genetisch bedingte Ursache bei einer DIS gilt jedoch als gesichert, es scheint sich um eine multifaktorielle X-chromosomale Vererbung zu handeln. Weiter beschreibt Von Stempel (2001) Theorien zur Entstehungsursache der DIS als mögliche Folge von Melatoninmangel, Muskelspasmus bei Osteoidosteom auf ipsilateraler Seite oder physiologischer Stress während der Entwicklung in der Wachstumsphase mit Verlust der Rotationskontrolle. Doch keine Theorie hat sich bisher bestätigen lassen.

In der Literatur schwanken aufgrund uneinheitlicher Definitionen (unterschiedliche Stärkenangaben der Seitenverbiegung zur Diagnostik von Skoliose) die Angaben zur Epidemiologie zwischen 0,13% und 13,6%, wobei Mädchen viermal häufiger Betroffen sind als Knaben (Niethard & Pfeil, 2005).

3.1.3 Diagnostik

Die Seitenverbiegung, die Rotation der Wirbelsäule sowie die torsionsbedingte Verschiebung des Rumpfes als Auswirkung der drehwüchsigen Deformität der einzelnen Wirbel sind am entkleideten Patienten ersichtlich. Mittels Vorneigung (Vorbeugetest) des Oberkörpers werden die Veränderungen der Wirbelsäule durch den entstandenen Rippenbuckel verdeutlicht. So können bereits beginnende Skoliosen anhand der Niveaudifferenz der Rückensymmetrie diagnostiziert werden (Niethard & Pfeil, 2005). Verschiedene bildgebende Verfahren wie Röntgen oder Kernspintomographie können eine dreidimensionale Ansicht der Wirbelsäule wiedergeben. Dabei wird der Schweregrad der Krümmung mittels Cobb-Winkels als Standardmessung bestimmt. Als Grundlage zur Messung dieses Winkels dient eine Röntgenaufnahme der Wirbelsäule im Stehen von vorne oder von hinten. Es werden an beiden Neutralwirbeln je eine Gerade eingezeichnet, welche entweder von den Grundplatten oder von den Deckplatten der Neutralwirbel, bis zum Schnittpunkt gezogen werden. Dort bilden sie dann den Cobb-Winkel (Von Stempel, 2001).

Die vertikale Ausrichtung der Wirbelsäule wird mit Hilfe eines Maurerlots bestimmt. Am Dornfortsatz des 7. Halswirbels wird das Lot angelegt und auf die Rima ani projiziert, um die Lotabweichung der Schnur zur Rima ani zu messen (Niethard & Pfeil, 2005).

Die Literatur nennt noch eine Reihe weitere Mess- und Bestimmungsmethoden.

3.1.4 Einteilung der Skoliose - Krümmungstypen

Die Skoliose kann in Krümmungstypen eingeteilt werden. Um den Krümmungstyp beurteilen zu können, muss der **Scheitelwirbel** als der in der Horizontalebene am weitesten nach rechts oder links verschobene und am ausgeprägtesten rotierte, die

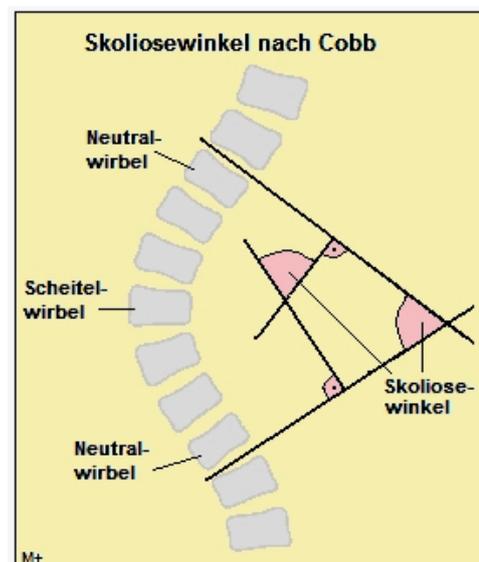


Abb. 1: Cobb-Winkel aus MedizinInfo® (2010)

Endwirbel als letzte zu einer jeweiligen Krümmung gehörende, und der **Neutralwirbel** mit keiner oder geringfügiger Rotation, in der Frontalebene am stärksten geneigt und eventuell mit dem Endwirbel identisch bestimmt werden (Von Stempel, 2001).

Die Einteilung der Skoliosen findet nach ihrer Ausprägung statt und wird im Allgemeinen seit 1983 nach King klassifiziert (Von Arne, 2008):

Type I: S-förmige Krümmung, bei der die thorakale und die lumbale Krümmung die Mittellinie überqueren. Die lumbale Krümmung ist stärker als die thorakale.

Type II: S-förmige Krümmung, bei der die thorakale Haupt- und die lumbale Gegenkrümmung die Mittellinie überkreuzen. Die thorakale Krümmung kann kleiner oder gleich gross wie die lumbale Krümmung sein.

Type III: Thorakale Skoliose ohne lumbale Überquerung der Mittellinie

Type IV: Langbogige thorakale Krümmung, bei der L5 (5. Lendenwirbel) über das Sakrum zentriert, aber L4 bereits in die thorakale Krümmung gekippt ist.

Type V: Thorakale Doppelkrümmung, wobei der Th1 (erster Brustwirbel) in die Konvexität der oberen Kurven gekippt ist.

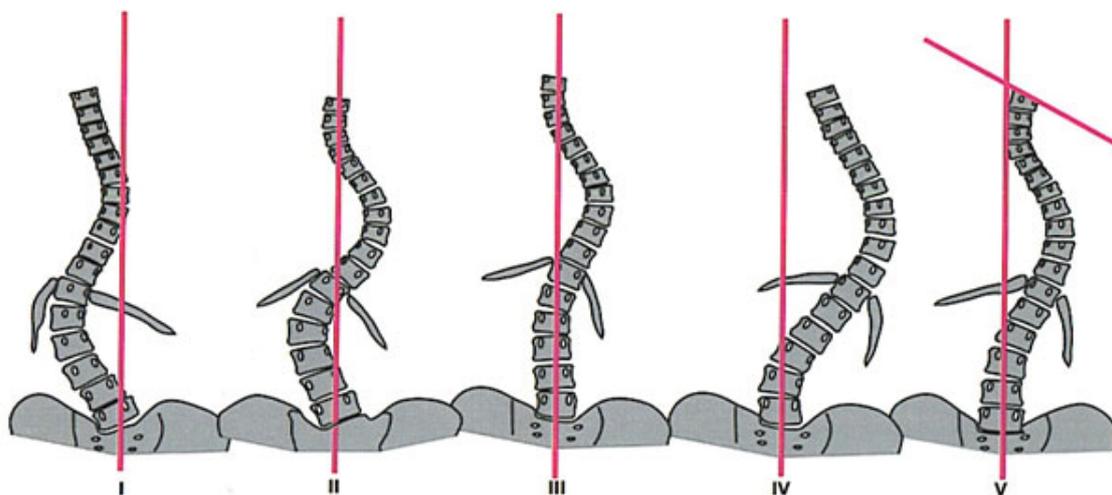


Abb. 2 Skioseneinteilung nach King (1983) aus Regnier Orthopädie (2009).

80% der idiopathischen Skoliosen verlaufen thorakal rechtskonvex (Niethard, Pfeil, 2005). Von Stempel (2001) legt fest, dass neben der Hauptkrümmung immer eine kompensatorische Gegenkrümmung vorhanden ist, welche das Körperlot aufgrund des Einflusses der Schwerkraft zu erreichen versucht. Beträgt die zweite Krümmung

mehr als $\frac{3}{4}$ der Hauptkrümmung, wird die erkrankte Wirbelsäule als kombinierte Skoliose bezeichnet.

3.1.5 Folgen

Eine dreidimensionale idiopathische Skoliose (DIS) kann auf Grund der laufenden strukturellen Veränderungen der Wirbel biomechanische Kräfte erzeugen, welche wiederum auf die Strukturen einwirken (Carreiro, 2004). Unbehandelt droht sich eine DIS zur progredienten schweren Rumpfdeformation zu entwickeln, welche weiter zu Druckerhöhung im pulmonalen Kreislauf und durch Lungenrestriktion zu Cor pulmonale führen können. Bei der Wirbelsäulenverformung sinkt die physiologische Belastbarkeit zunehmend, die Stützfunktion der Wirbelsäule und das physiologische Körperlot für die Rumpfbalance nehmen ab. Es können neben grossen Schmerzen auch vermehrte degenerative Veränderungen auftreten (Von Stempel, 2001).

3.1.6 Therapiemöglichkeiten und Behandlungsziele

Um dem Ausmass der Skoliose angepasst behandeln zu können, wird nach Schweregrad der Seitenverbiegung eingeteilt. Dabei wird mittels Cobb-Winkel das Ausmass bestimmt. Grundsätzlich wird eine DIS bis 50° konservativ therapiert. Bis 20° (Niethard & Pfeil, 2005) oder bis 30° (Von Stempel, 2001) werden ausschliesslich aktive Therapieformen angewendet, bis 50° wird ein Korsett mit aktiver Therapieform kombiniert. Über 50° wird die Skoliose operativ angegangen.

Es stehen zahlreiche aktive und passive Therapieformen und Konzepte zur Verfügung wie zum Beispiel die manuelle Therapie, Atemtherapie nach Schroth, propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation (PNF), Funktionelle Bewegungslehre nach Klein-Vogelbach (FBL), Vojta Therapie, Wassertherapie, Hippotherapie etc. Das Ziel dieser Therapien ist, die stabilisierende und mobilisierende Muskulatur zu kräftigen und die Flexibilität der Wirbelsäule zu fördern, um eine weitere Verformung der DIS zu stoppen, zu verbessern oder gar auszugleichen. Der Patient hat eine der Skoliose angepasste Anzahl von Übungen, welche er alleine oder mit therapeutischer Hilfe ausführt. Weiter bieten auch Disziplinen aus der Komplementärmedizin wie Kraniosakral-Therapie, Osteopathie, Chiropraktik etc. entsprechende Therapie zur Behandlung von Skoliosen an.

Grundsätzlich gilt es, die Rumpfdeformation und Wirbelsäulenverformung zu korrigieren bzw. die Progredienz zu stoppen. Dabei soll die Ästhetik wieder hergestellt, die

Herz-Kreislauf-, sowie die funktionelle Belastbarkeit erhalten und die Schmerzen gesenkt werden (Von Stempel, 2001).

3.1.7 Die Bedeutung der Muskulatur

Die Wirbelsäule wird von denselben muskulären Strukturen gehalten, gesteuert und stabilisiert, welche auch für die Korrekturbewegung bei einem körperlichen Ungleichgewicht (posturale Kontrolle) verantwortlich sind und daher eine besondere Rolle in der Behandlung spielen. Die Weichteile bei Skoliose-Patienten sind infolge vieler Kontrakturen und auch einer „Veränderung der Knochen mit einseitigen Teileinstellungen“ (Lehnert-Schroth, 2007, S. 49) verändert, weshalb sich das Gesamtsystem anders verhält als beim gesunden Menschen. Es besteht eine verschieden ausgeprägte Veränderung der Statik von den Füßen, Beinen und Hüften, beginnend mit einer Dysbalance der Muskulatur in Länge und Dicke. Während die Muskulatur der konvexen Seite länger, dünner und somit inaktiver wird, wird sie auf der konkaven Seite durch eine Verkürzung verspannt und insuffizient. Die Muskulatur verliert damit ihre Haltefunktion und lässt eine Veränderung der Wirbelsäule zu. Die konvexseitige Muskulatur ist laut Schmidt und Thews (2005; zit. in Lehnert-Schroth, 2007, S. 50) elektrisch aktiver, hat aber alles kranial Liegende zu tragen. Sie kann jedoch durch die starke Vordehnung nicht hypertrophieren und muss zunehmend dem Gewicht nachgeben, bis knöcherne Strukturen die Progredienz stoppen. Infolge des Druckes resp. Zuges, kann es zur Bildung von keilförmigen Zwischenwirbelscheiben bis zur knöchernen Verbindung einzelner Wirbelkörper kommen (Lehnert-Schroth, 2007).

Die Muskulatur an der Wirbelsäule wird in die Stabilisatoren und Mobilisatoren unterteilt. Letztere werden zur Ausführung der Bewegung bewusst angesteuert und kontrolliert und sind somit willkürlich. Sie können zweigelenkig oder multisegmental das Gelenk bewegen, gehören zu den langen Muskeln und sind mehrheitlich aus phasischen fast-twitch Fasern. Sie unterscheiden sich klar von den Stabilisatoren, welche nicht willkürlich angesteuert werden können. Diese haben die Aufgabe, die einzelnen Segmente der Wirbelsäule zueinander zu sichern und können nach Comerford & Mottram (2001) nochmals in globale oder segmentale Stabilisatoren unterteilt werden. Sie liegen tief mit schrägem Verlauf das Gelenk komprimierend, sind eingelenkig zwischen jedem Segment mit mehrheitlich tonischen slow-twitch Fasern. Die Segmentalen sind kurz und kontrollieren die translatorische Bewegung, die Globalen sind lang und kontrollieren die physiologische Bewegung. Dabei wird die Muskulatur

durch passive Strukturen wie Ligamente soweit unterstützt, dass trotzdem eine Bewegung untereinander gewährleistet ist (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2005).

An der skoliotischen Fehlhaltung können folgende Muskeln, da sie mit der Wirbelsäule verbunden sind, beteiligt sein:

Stabilisatoren segmental	Stabilisatoren global	Mobilisatoren
M. transversus abdominis	Mm.obliquus abdominis externus und internus	M. rectus abdominis
M. multifidus (segmentale Fasern)	M. multifidus (oberflächlichen Fasern)	M. longissimus dorsi
M. intertransversarii	M. spinales	M. iliocostalis
M. interspinales	M. quadratus lumborum (medialer Anteil)	M. quadratus lumborum (lateral Anteil)
M. rotatores		M. latissimus dorsi
M. psoas mayor		Mm. rhomboideii
		Mm. scaleni
		M. trapezius
		M.pectoralis minor und major
		M. serratus anterior

Tab. 1 Muskulatur der Wirbelsäule (Schünke et al., 2005, mod. Hauser, 2010)

3.2 Posturale Kontrolle / körperliches Gleichgewicht

3.2.1 Die Beziehung zwischen posturaler Kontrolle und Gleichgewicht

Barth (2005) suchte erfolglos nach einer Definition des Begriffes der posturalen Kontrolle. Sie sieht hier eine Pendeiz der Forschung und zitiert dazu Shumway-Cook und Woollacott (2001; zit. nach Barth, 2005, S. 178): " ...es gibt weder eine allgemeingültige Definition von Haltung und Gleichgewicht noch Übereinstimmung zu den neuronalen Mechanismen, die der Kontrolle dieser Funktionen zugrunde liegen". Dies verdeutlicht die Komplexität der posturalen Kontrolle.

Um das Gleichgewicht des Körpers zu halten, muss laut Bader-Johansson (2000) der Schwerpunkt innerhalb der Unterstützungsfläche liegen, unabhängig von der eingenommenen Ausgangsstellung. Jede Bewegung und Kraft, die auf den Körper

einwirkt, erfordert posturale Kontrolle als reaktiven Ausgleich, um jener Kraft entgegenzuwirken. Aus diesem Grund werden die Begriffe posturale Kontrolle, körperliches Gleichgewicht oder Balance in dieser Arbeit als Synonyme behandelt.

Nach Bassøe (2007) umfasst das Gleichgewicht die Aspekte der posturalen Kontrolle, Aufrichtung und Schutzreaktion. Die posturale Kontrolle beinhaltet einerseits die posturale Aktivität und Tonus, Körperbau und -haltung und andererseits den Umgang mit der Umgebung, dem Einfluss der Schwerkraft und der Unterstützungsfläche. Weiter gehören auch die Koordination und die reziproke Innervierung sowie das Verhältnis einzelner Körpersegmente und ihre Funktionen wie Stabilität oder Bewegung zueinander dazu. Diese Komponenten werden für die posturale Kontrolle auf zeitliche und räumliche Abfolge koordiniert. Somit variiert sie von Mensch zu Mensch und ist abhängig von der Aufgabe im Stand (statisch), bei beweglichem Untergrund (dynamisch) und während dem Gehen (Lokomotion).

3.2.2 Faktoren des Gleichgewichts

Bader-Johansson (2000, S.23) beschreibt die posturale Kontrolle als „Die Art des Nervensystems, mit zweckmässiger Muskelspannung Muskulatur zu aktivieren in verschiedenen Stellungen oder Bewegungen und bei äusseren Störung die vertikale Projektion des Schwerpunkts innerhalb der Unterstützungsfläche beizubehalten“. Nach Galley und Foster (1985, zit. nach Bader-Johansson, 2000) gelten folgende Voraussetzungen für eine gute posturale Kontrolle: normales sensorisches Feedback, normales visuelles und vestibuläres Feedback, normale spatio-visuelle Wahrnehmung (= räumliches Sehvermögen), normales zentrales Programm, normaler Tonus, normale Koordination, normale Körperwahrnehmung, psychisches Gleichgewicht, ausreichende Muskelstärke und Ausdauer sowie ausreichende Gelenkbeweglichkeit.

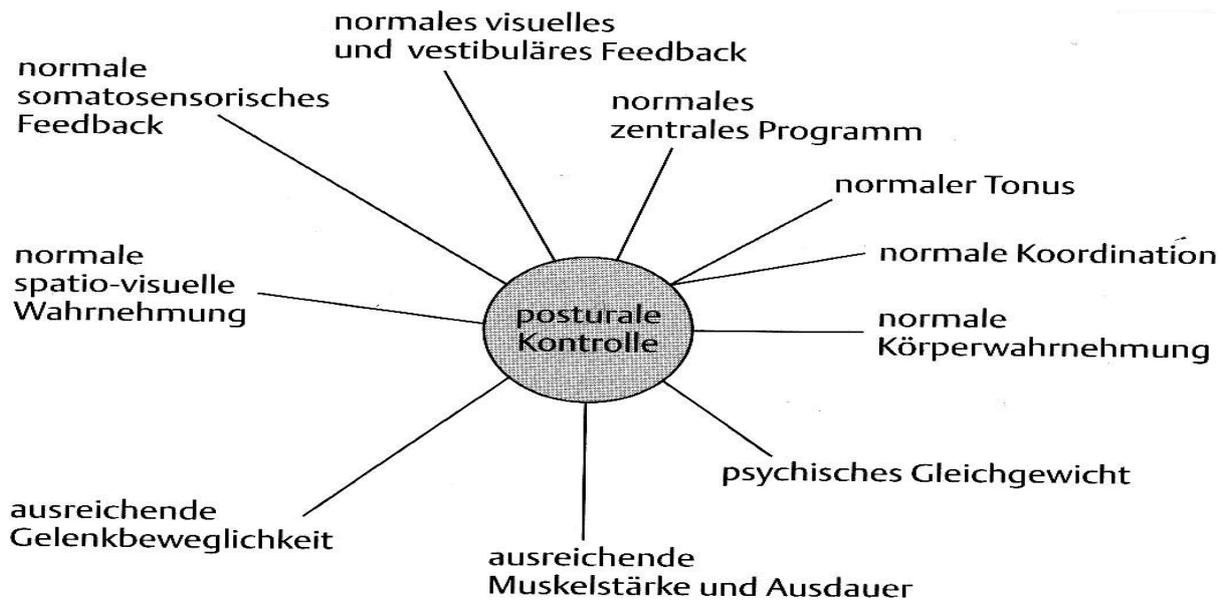


Abb. 3 Voraussetzungen für eine gute posturale Kontrolle nach Galley und Foster (aus Bader-Johansson, 2000)

Bei einer DIS ist jedoch normaler Tonus, ausreichende Muskelstärke, Ausdauer und Beweglichkeit stark eingeschränkt, was grosse negative Auswirkungen auf Koordination, Körperwahrnehmung und eventuell sogar auf das psychische Gleichgewicht hat (Lehnert-Schroth, 2007).

Die posturale Kontrolle wird von Shumway-Cook und Woollacott (2001, zit. in Barth, 2005) in drei Bereiche aufgeteilt, welche einzelne Komponente umfassen: Individuum, Aufgabe und Umwelt. In der Diskussion wird spezifisch auf Aufgabe und Umwelt eingegangen. Das Individuum besteht in Bezug auf dieses posturale Kontrollsystem aus Sensorik (Sinnensorgane) und Motorik (Muskulatur). Auf die Kognition (Aufmerksamkeit, Lernbereitschaft) als weitere Faktor wird hier nicht weiter eingegangen. Auf sensorischer Ebene sind folgende Faktoren massgeblich beitragend (Bader-Johansson, 2000):

Somatosensorische Afferenzen: Die somatosensorischen Systeme messen das Verhältnis einzelner Körperabschnitte im Raum zueinander, die Stellung des Körpers im Raum, die Bewegung des Körpers im Raum, die Schwerkraft sowie die Umgebung. Sie beziehen ihre Informationen aus Exterorezeptoren, Viscerorezeptoren und Mechanorezeptoren und machen ca. 70% der Sensorik zur Erhaltung des Gleichgewichtes aus (Peterka, 2002; zit. in Horak, 2006).

Visuelle Afferenzen: Die Augen nehmen Informationen zur Umwelt auf. Durch die Fixierung des Blickes haben visuelle Afferenzen auch Einfluss auf die vestibulären

Afferenzen und machen lediglich 10% der Sensorik aus (Peterka, 2002; zit. in Horak, 2006).

Vestibuläre Afferenzen: Vestibuläre Afferenzen geben Informationen über Stellung und Bewegung des Kopfes in Bezug auf Schwerkraft und Trägheitskraft durch die Bogengänge und Otholitenapparat im Hörorgan. Sie machen etwa 20% der Sensorik aus (Peterka, 2002; zit. in Horak, 2006).

Die Muskulatur: Je zentrierter der Massenschwerpunkt des Körpers ist, desto weniger Muskelkraft und somit Energie wird verbraucht. „Gerät der Massenmittelpunkt ausserhalb dieses idealen Alignments ..., werden mehr Muskelarbeit und damit kompensatorische, posturale Strategien notwendig“ (Barth, 2005, S. 181). Der Spannungszustand des Muskels im Stand (Haltungstonus) wirkt dabei permanent gegen die Schwerkraft. Beim Gleichgewicht sind im Stand wie auch in Dynamik (z.B. Anwendung einer Strategie) die ventralen und dorsalen Muskelketten der Beine, die Bauch- und die stabilisatorische wie die mobilisatorische Rückenmuskulatur aktiv (Barth, 2005). Letztere sind aber, wie in Kapitel 2.7 beschrieben, beeinträchtigt.

3.2.3 Kontrollsysteme und Gleichgewichtsstrategien

Um während oder nach einer Aktion das Gleichgewicht zu halten, kann mit einer Reaktion der Kontrollsysteme „Feedback“ oder „Feedforward“ und weiter mit einer Strategieform reagiert werden. Die posturale Kontrolle zieht aus den sensorischen Systemen als Feedback Informationen, welche erlauben auf die Situation angepasst zu reagieren. Dies ist jedoch ein langsamer Prozess, da sie erst nach einer Aktion stattfindet. Die schnellere Variante ist das Feedforward-Kontrollsystem, das die Aktion vorgängig anpasst, also bevor die Aktion stattfindet (Barth, 2005). Die Strategien Fussgelenkstrategie, Hüftstrategie oder Schrittbewegung (auch in Kombination möglich) spielen eine Rolle beim Aufrichten, Verlagern des Gewichtes, Umdrehen oder Gehen als Reaktion auf das Feedback. Sie brauchen einen Planungsprozess und haben eine den Erfordernissen und Möglichkeiten abhängige Reihenfolge der Muskelaktivierung zur Folge. Die Reaktion ist ein Zwang zur Bewegung aufgrund eines unerwarteten und plötzlichen Ereignisses. Nach Bassøe (2007, S. 75) „...lassen sich die beiden Begriffe Gleichgewichtsreaktionen und Gleichgewichtskontrolle unter dem Oberbegriff posturale Kontrolle zusammenfassen“. Gleichgewichtsreaktionen sind Haltungs- und Stellreflexe, um eine bestimmte Körperstellung zu erhalten oder zu erreichen, unter Berücksichtigung von Kopf und Gliedmassen und deren Bewegun-

gen (Ehrenberg und Haeusermann, 1996). Die Aussage von Carreiro (2004, S. 237) „Bei Patienten mit einer idiopathischen Skoliose treten vermehrt anomale Haltungreflexe auf. Dazu zählen u.a. Aufrichtungsreflex, Abtriftreaktion, optokinetischer Nyctagmus, okuläre Reflexsysteme, propriozeptive Reaktionen und vestibuläre Dysfunktion.“ beschreibt deutlich das Problem des Gleichgewichts bei einer DIS.

4 Aktueller wissenschaftlicher Stand

In diesem Kapitel wird ein Überblick auf wissenschaftlich belegte Erkenntnisse des Einflusses einer Skoliose auf das Gleichgewicht gegeben und im Diskussionsteil kritisch beurteilt werden. Doch vorab soll in Kapitel 4.1 anhand einer Publikation auf den Effekt auf das Gleichgewicht nach einer Behandlung der idiopathischen Skoliose bei Jugendlichen aufmerksam gemacht werden.

4.1 Gleichgewichtstraining als Element der Skoliosebehandlung

Romano, Negrini, Parzini & Negrini (2008a) beschreiben in einem Artikel die Wirksamkeit, Effektivität und Innovation der Scientific Exercises Approach to Scoliosis (SEAS). Dies ist ein wissenschaftliches Konzept mit dem Ziel, eine Verschlechterung der Skoliose zu stoppen oder sie gar zu verbessern. Ihr Konzept stützt sich auf mehrere Punkte, welche die posturale Kontrolle und Balance-Dysfunktionen beinhalten (Haltung und Stabilitätsminderung, Neuromotorische Beeinträchtigung, Verschlechterung in der Sagittalebene sowie Vitalitätsbeeinträchtigung). Aufgrund der schnellen Progression der Skoliose bei Überschreitung des Cobb-Winkels ab ca. 20° wollen sie die Wirbelsäule schon vorher stabilisieren. SEAS versucht nicht nur auf neuromotorischer und biomechanischer Ebene die posturale Kontrolle und die Stabilität der Wirbelsäule anzugehen, sondern auch über körperlicher (Gymnastik) und psychischer Ebene ein positives Körpergefühl zu vermitteln. Neben Haltungsübungen zur Körperwahrnehmung und Kräftigung der stabilisatorischen und mobilisatorischen Muskulatur wird auch speziell auf die Verbesserung von Gleichgewichtsreflexen eingegangen, um die axiale, statische und dynamische Haltung des Oberkörpers zu fördern. Diese Reflexe werden beispielsweise auf instabiler Unterlage und unter Eigenkorrektur (via Spiegel) durchgeführt und zunehmend mit Hindernissen erweitert. Weiter werden Alltagsaktivitäten miteinbezogen, um unter korrekter, funktioneller Haltung, auf Anforderungen des täglichen Lebens reagieren zu können. So konnten Romano, Tavernaro, Negrini und Pilon (2006; zit. nach Romano, Negrini, Parzini & Negrini, 2008a) in einer kontrollierten Querschnitt-Kohortenstudie mit 40 AIS-Patienten (20 wurden über ein Jahr mit SEAS behandelt, 20 erhielten keine Therapie) und 150 Kontrollpersonen nachweisen, dass die AIS-Gruppe mit SEAS behandelt identische

Resultate wie die Kontrollgruppe in Schwankungen (Gleichgewicht) und Koordination zeigten und sich deutlich von der nichtbehandelten Gruppe unterschied.

4.2 Studien zu einzelnen Aspekten von Skoliose und Gleichgewicht

Es werden vier relevante Studien, welche den Zusammenhang von Skoliose und Gleichgewicht untersuchten, vorgestellt und die physiotherapierlevanten Ergebnisse hervorgehoben. Die erste Studie befasst sich ausschliesslich mit dem statischen Gleichgewicht, die zweite und dritte mit dem statischen und dem dynamischen Gleichgewicht, und die vierte mit dem Gleichgewicht bei der Lokomotion.

Erste Studie: „Do imbalance situations stimulate a spinal straightening reflex in patient with adolsecent idiopathic scoliosis?“ (Romano, Ziliani, Atanasio, Zaina & Negrini, 2008b)

Romano et al. (2008b) untersuchten in einer Vorher-Nachher-Studie, ob sich die Kurve von AIS-Patienten in Gleichgewicht herausfordernden Situationen verändert. Die Ergebnisse sollen helfen, möglichst nützliche, physische Übungen für die konservative Behandlung zu finden. Dazu beobachteten sie die Wirbelsäule der Probanden in zwei unterschiedlichen Situationen anhand eines nicht-ionisierenden Instruments (Global Optoelectronic Approach for Locomotion and Spine), das eine 3D-Rekonstruktion der Wirbelsäule erlaubt. In standardisierter Position wurde zuerst auf dem Boden und danach auf dem Schwebebalken stehend von allen Kurven der Cobb-Winkel ermittelt. Die 14 Probanden mit durchschnittlichem Cobb-Winkel von $19.3^\circ \pm 9.9^\circ$ (gemessen im Stand am Boden) waren zwischen 12 und 15 Jahre alt.

Durch einen Streckreflex der Wirbelsäule verbesserte sich auf dem Schwebebalken der erwähnte durchschnittliche Cobb-Winkel signifikant auf durchschnittlich $18.6^\circ \pm 9.6^\circ$. Die statistische Signifikanz gilt jedoch nur für den Durchschnitt der Kurven jedes Probanden, nicht aber für die einzelne schlechteste Kurve. Im Bezug auf die Anzahl der Kurven verbesserten sich diese auf dem Schwebebalken um 33%, 13% aber verschlechterten sich. Von den 14 Probanden konnten sich 43% verbessern, 14% jedoch verschlechterten sich.

Zweite Studie: „Influence of Different Types of Progressive Idiopathic Scoliosis on Static and Dynamic Postural Control“ (Gauchard, Lascombes, Kuhnast & Perrin, 2001)

In der Fall-Studie von Gauchard et al. (2001) wurden die AIS-Patienten in Skoliose-Typen eingeteilt, auf eine Balancesituation getestet und untereinander verglichen.

Dabei wurde der Einfluss der verschiedenen Skoliosearten auf die statische und dynamische posturale Kontrolle gemessen. Das Ziel war herauszufinden, wie verschiedene Skoliosearten und deren Lage sich auf das globale Gleichgewicht auswirken. Die 102 Probanden, 85 Mädchen und 17 Knaben, durchschnittlich 14 (\pm 2) Jahre alt, wurden in eine Double Major Skoliose- (DMS, n = 21), und drei Single Major Skoliose- Gruppen (SMS); thoracic (TS, n = 36), thoracolumbar (TLS, n = 22), und lumbar (LS, n = 23) aufgeteilt. Die durchschnittlichen Cobb-Winkel in DMS 43°, (Range 20° – 85°), TS 42° (Range 17° – 72°), TLS 33° (Range 13° – 73°) und LS 31° (Range 16° – 65°) lagen alle im Bereich der physiotherapierlevanten Grade. Alle Probanden wurden in statischen, langsam- und schnell dynamischen Tests während 20 Sekunden mit und ohne visuelle Hilfe auf ihr Gleichgewicht geprüft. In standardisierter Ausgangsstellung standen sie auf einer vertikalen Plattform, welche mit vier Druckanzeigen in den Ecken ausgestattet war, um die Position vom Zentrum des Fussdruckes zu messen. Über alle Tests gemessen war das laterale Ungleichgewicht in Form von Seitenschwankungen zwischen den verschiedenen Skoliosegruppen signifikant verschieden ausgeprägt. Die Patienten mit Double Major Skoliose (DMS) zeigten deutlich weniger Lateralschwankungen als jene mit Single Major Skoliose (SMS) ($p < 0.0001$), wobei die Seitenschwankungen in SMS zunahmten, je tiefer die Kurve lag: TS zur LS $p < 0.0001$.

Mittels statischer Tests wurden Schwankungen nach anteroposterior und lateral über das Fussdruckzentrum ausgewertet. Die Schwankungsdistanz war mit geöffneten Augen in der Reihenfolge DMS, TS und TLS zur LS signifikant ($p < 0.01$) geringer. Dieses Ergebnis wurde auch in den gemessenen anteroposterioren Schwankungen bestätigt ($p < 0.05$). Mit Augenschluss unterschieden sich die anteroposterioren Schwankungen nicht signifikant.

Mit schnellen Kippungen der Plattform wurde der schnell dynamische Test simuliert. Elektromyographische Aufnahmen an beiden Beinen messen die Reflexe am M. gastrocnemius auf kurz- und mittellatenzzeitiges Ansprechen und die Reflexe des M. tibialis anterior auf langlatenzzeitiges Ansprechen. Das Resultat war in allen Skoliosearten ähnlich und nicht signifikant.

Der zweite dynamische Test enthielt langsam oszillierende Vor- und Rückbewegungen der Plattform. Aufgenommen wurden die Bewegungen des Fussdruckzentrums bei einer Durchführung mit offenen und einer zweiten mit geschlossenen Augen. Reflexe an den Beinen wurden nicht gemessen. Die Aufnahmen wurden als Sinuskur-

ven aufgezeichnet und die Frequenz und Amplitude der Schwankungen des Patienten mit jenen des Stimulus verglichen, um verschiedene sensomotorische Strategien auf die destabilisierende Situation eruieren zu können. Im Ersten war die Frequenz in entgegen gesetzter Phase gleich dem Stimulus mit tiefer Amplitude, was auf eine gute Stabilität hinweist. Es wurde von den Probanden hauptsächlich die Fussgelenkstrategie angewandt. Bei Augenschluss zeigte sich hingegen die Amplitude erhöht und die Frequenz inhomogen zum Stimulus. Die Stabilität konnte schlechter erhalten werden und die Probanden benutzten die Hüftstrategie. Von 36 TS-Patienten wechselten 22 auf die Hüftstrategie und 5 konnten das Gleichgewicht nicht halten. Bei der TLS-Gruppe (22) wich genau die Hälfte auf die Hüftstrategie aus und 4 stürzten, während bei den LS-Probanden von 23 Teilnehmern 10 mittels Fussgelenk- und 12 mittels Hüftstrategie reagierten, ein Proband stürzte. Einzig die DMS-Gruppe änderte die Strategie kaum, auch verlor niemand das Gleichgewicht. Die unterschiedliche Anwendung der beiden Strategien zwischen DMS- und SMS-Probanden war signifikant ($p = 0.0006$). Die im statischen Test am schlechtesten abgeschnittene LS-Gruppe zeigte im dynamischen Test ein ähnliches Verhalten wie die am Besten abgeschnittene DMS-Gruppe.

Dritte Studie: „Complex Balance Reactions in Different Sensory Conditions: Adolescent With and Without Idiopathic Scoliosis“ (Byl & Gray, 1993)

Schon 1993 massen Byl und Gray auf ähnliche Weise wie Gauchard et al. (2001) auf einer Plattform (Ataxiometer) mit zwei beweglichen Fussplatten das Fussdruckzentrum in statischen Gleichgewichtsübungen. Sie hatten in ihrer Fall-Kontroll-Studie 70 Teilnehmer (50-köpfige AIS-Gruppe und 20-köpfige Kontrollgruppe, Alter zwischen 11 und 17 Jahren) mit einem durchschnittlichen Cobb-Winkel von 38.2° zur Verfügung. Mit ihrer Studie wollten Byl und Gray (1993) methodisch einen Vergleich zwischen AIS-Patienten und einer Kontrollgruppe in einfachen und komplexen sensorisch herausgeforderten Gleichgewichtsreaktionen dokumentieren. Sie gingen davon aus, dass die AIS-Gruppe grössere Anpassungsschwierigkeiten mit dem sensorischen System auf Gleichgewichtsprobleme haben wird. Ein Ataxiometer erfasste auf jeder Platte die anteroposterioren und die seitlichen Schwankungen mittels Fussdruck. Nach einem Probelauf wurden zehn verschiedene, progressierende Balancepositionen getestet. Sie dauerten je 25 Sekunden und enthielten Aufgaben für die visuellen, vestibulären und propriozeptiven Systeme, welche in den schwierigsten Aufgaben kombiniert wurden.

In den Tests waren keine signifikant unterschiedlichen Körperschwankungen zwischen den beiden Gruppen ersichtlich, solange der Untergrund stabil war und nur ein sensorisches System gereizt wurde. Waren jedoch zwei oder mehrere Systeme betroffen, schnitt die Kontrollgruppe signifikant beinahe doppelt so gut ab als die AIS-Gruppe. Dies war hauptsächlich der Fall, wenn der Proband im Tandemstand, also mit den Füßen hintereinander und mit Augenschluss, oder auf instabiler Unterlage mit Augenschluss und den Kopf drehend, getestet wurde. Alle erfassten Ergebnisse der Tests wurden nach Parametern verglichen. Daraus zu erwähnen gilt, dass keine signifikanten Unterschiede der Probanden innerhalb einer Gruppe bezüglich der Lage oder der Rechts- oder Linkskonvexität der Kurve ersichtlich sind. Es wurden aber signifikante Unterschiede zwischen den Gleichgewichtswerten von Probanden mit leichter ($< 15^\circ$) und schwerer Skoliose ($\geq 40^\circ$) im Einbeinstand mit Augenschluss ($p = 0.01$) und auf instabiler Unterlage mit Kopf drehen ($p = 0.02$) ermittelt.

Vierte Studie: „Locomotor Skills and Balance Strategies in Adolescents Idiopathic scoliosis“ (Mallau, Bollini, Jouve & Assaiante, 2007)

In dieser Fall-Kontroll-Studie untersuchten Mallau et al. (2007) den funktionellen Effekt einer strukturell deformierten Wirbelsäule wie die AIS auf Balancestrategien während der Lokomotion. Dazu nahmen 17 Patienten und 16 Kontrollpersonen teil. Die Probanden waren 14.3 ± 1.7 Jahre alt und beiderlei Geschlechts, der durchschnittliche Cobb-Winkel betrug $19.5^\circ \pm 5.2^\circ$ und die Patienten sowie die Kontrollgruppe wiesen keine neurologischen Auffälligkeiten auf. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, auf flachem Boden, auf einer 3cm breiten Linie und auf einem 10cm breiten, 3m langen und 30cm hohen Balken zu gehen. Jede Aufgabe wurde fünfmal durchgeführt und der Durchschnittswert ermittelt. Sechs optische TV-Bild Prozessoren erlaubten eine dreidimensionale Darstellung der Probanden. Es wurde sowohl die horizontale als auch die seitliche Rotation des Kopfes, der Schultern und des Beckens erfasst, da diese nach Ansicht der Autoren die wichtigsten Komponenten der posturalen Kontrolle sind. Um die Bewegung der Wirbelsäule besser analysieren zu können, wurde sie in die drei Abschnitte zervikaler Rumpf C7-T6, thorakaler Rumpf T7-L2 und lumbaler Rumpf L2-Sakrum (LS) eingeteilt. Während der ca. 5 Sekunden dauernden Lokomotion massen sie ausserdem Gehgeschwindigkeit, Dauer eines Schrittes sowie Schrittlänge und Spurbreite.

Die AIS-Gruppe war durchschnittlich in Geschwindigkeit und Schrittdauer auf dem Boden 15% resp. 9%, auf der Linie 16% resp. 9% und auf dem Balken 16% resp. 7%

signifikant langsamer als die Kontrollgruppe. Die Schrittlänge der AIS-Gruppe stellte sich als signifikant kürzer heraus (9% auf dem Boden ($p < 0.01$) und 12% auf der Linie ($p < 0.001$)), auch wenn die Kontrollgruppe unter schwierigeren Bedingungen ebenfalls ihre Schritte kürzte ($p < 0.001$).

Die Rumpfkoordination wurde aus den Drehimpulsen der Rotation in horizontaler wie in frontaler Ebene gemessen. Gleichzeitig wurde über einen Verankerungsindex ermittelt, ob die Wirbelsäule in ihren drei Abschnitten übereinander oder im Raum antizipatorisch stabilisiert wird. Beim Gehen auf dem Boden war der Drehimpuls in die seitliche Rotation des lumbalen, im Gegensatz zum zervikalen Rumpfes bei der AIS-Gruppe verglichen mit der Kontrollgruppe signifikant ($p < 0.05$) reduziert. Dieser Unterschied trat jedoch in der schwierigeren Aufgabe auf dem Balken nicht auf. Dort war aber in beiden Gruppen innerhalb der Wirbelsäulenabschnitte ein signifikanter Unterschied ($p < 0.001$) zwischen dem lumbalen und dem zervikalen Rumpf in seitlicher Rotation zu beobachten, wobei der lumbale Rumpf im Raum, der zervikale Rumpf auf den unterliegenden Abschnitt stabilisierte. Auf normalem Boden wurde einerseits die Rotation des Kopfes in der Transversalebene von der AIS-Gruppe mit signifikant mehr Bewegung ausgeführt, andererseits wurde gleichzeitig das Becken stärker stabilisiert, was auf den höheren Abschnitt stabilisiert, eine Signifikanz von $p < 0.01$ ausmachte. Die Schulterbewegung stieg bei zunehmender Herausforderung der Balance an und unterschied sich in der transversalen Rotation signifikant ($p < 0.01$) zur Kontrollgruppe. Dies war nicht nur auf dem Balken, sondern auch auf dem Boden zu messen und bedeutet eine Stabilisation im Raum.

5 Diskussion

Dass eine Verbesserung der Skoliose auch zu einer Verbesserung des Gleichgewichtes führt, haben Romano et al. (2006; zit. in Romano et al., 2008a) nachgewiesen, doch wurden die AIS-Patienten in einem spezifischen Konzept behandelt. Um ein Überblick des Einflusses von idiopathischer Skoliose auf das Gleichgewicht zu erhalten damit ein Gleichgewichtstraining möglichst optimal in die Physiotherapie eingebaut und genutzt werden kann, müssen die Ergebnisse der vorgestellten Studien aufgegliedert und analysiert werden.

Die Auswirkung der AIS wird in den Einzelstudien in den drei wichtigsten Kontexten des Gleichgewichts diskutiert: statisch – im Stand, dynamisch – bei bewegtem oder beweglichem Untergrund und während dem Gehen – der Lokomotion. Wie erwähnt, ist der Einfluss einer AIS in allen Bereichen des Gleichgewichts mit allen komplexen Beziehungen noch wenig erforscht, da die Faktoren des Gleichgewichtes in Kombination mit vielen Parametern der Skoliose betrachtet werden müssen. In den beschriebenen Studien wurden mehrere Situationen des Gleichgewichtes getestet, bei welchen verschiedene und verschieden kombinierte Faktoren angesprochen wurden. Es kommen bei jeder Veränderung der Aufgabe oder Stimulation andere Faktoren oder Faktoranteile zum Tragen. Damit sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien zu heterogen um klare Schlüsse zu ziehen, doch kann eine Übersicht gewonnen werden. Alle Studien wurden nach Law, Steward, Pollock, Letts, Bosch und Westmorland (1998) „Anleitungen zum Formular für eine kritische Besprechung quantitativer Studien“ beurteilt. Das Design kann in allen Studien als sinnvoll betrachtet werden, doch weicht auf Grund des Messungszieles die Messmethodik deutlich voneinander ab. Weiter sind grosse Unterschiede in der Anzahl der Probanden sowie der durchschnittlichen Cobb-Winkel und der Lage der Skoliose auszumachen. Infolge der schwierigen Rekrutierung von geeigneten Probanden mit gleicher Lage und Ausprägung der Skoliose können anscheinend keine grösser angelegte Studien durchgeführt werden. Die gewonnen Ergebnisse und Erkenntnisse sollten kritisch interpretiert werden um dann eventuell in den Physioalltag integriert zu werden. Bezüglich systematischer Fehler ist zu erwähnen, dass in keiner Studie Angaben über den Zeitpunkt der Ausführung (morgens oder abends), der momentanen Fitness oder der

unmittelbaren Tätigkeit der Probanden vor dem Test etc. beschrieben wurden, um einen Anhaltspunkt über wichtige Faktoren des Gleichgewichts wie Konzentrations- und Leistungsfähigkeit aller Beteiligten zu erhalten. Die Begrifflichkeit des dynamischen Gleichgewichts ist in den Studien nicht klar definiert. Beispielsweise ist nicht genau beschrieben, ob man bei instabilem Untergrund von dynamischem Gleichgewicht spricht oder ob dies nur bei von extern einwirkenden Impulsen gilt. Für die Auswertung der Arbeit wurden jene Tests, welche auf beweglichen Unterstützungsflächen ausgeführt wurden, dem dynamischen Gleichgewicht zugeordnet.

5.1 AIS-Patient – das statische Gleichgewicht

Die Lage der Hauptkurve scheint bei Gauchard et al. (2001) für die Balance relevant zu sein. Die DMS-Patienten hatten in allen statischen, aber auch in den dynamischen Tests die beste posturale Kontrolle. Sie schwankten, im Gegensatz zu den SMS-Patienten, weniger zur Seite oder nach anteroposterior und schienen, mit wenig oder keinerlei Abweichung, besser ausbalanciert zu sein. Daraus lässt sich folgern, dass die SMS-Patienten durch ihre stärkere seitliche Abweichung auch grössere Balance-schwierigkeiten in diese Richtung haben. Je höher die Kurve lag, desto geringer war die Einwirkung auf die Balance. Im statischen Test hiess dies folglich: Je tiefer die Kurve, je schlechter die Balance zur Seite. Die in der LS-Gruppe im Gegensatz zur TLS-Gruppe vergrösserte Schwankungsdistanz nach lateral (jedoch nicht nach anteroposterior) aufgrund des Augenschlusses, bestätigt dieses Ergebnis. Zudem deutet dies auf ein strukturelles Problem hin. Da diese Studie zwar mit einem physiotherapeutisch relevanten Cobb-Winkel-Durchschnitt arbeitet, aber einen Range mit bis zu 85° aufweist, ist die Signifikanz der Ergebnisse unterhalb der physiotherapeutischen Grenze, sowie die klinische Zweckmässigkeit unklar. Doch sind die durchschnittlichen Cobb-Winkel der LS 9° kleiner als die TS respektive 10° kleiner als die DMS, was die Auswirkung des statischen Gleichgewichts auf die LS unterstreicht. Die TS-Gruppe ist um fast das doppelte grösser als die drei anderen, über alle Tests gesehen zeigen die Resultate aber eine gewisse Regelmässigkeit auf. Byl und Gray (1993) legten den Fokus eher auf das sensorische System und zeigten, dass zwischen Probanden mit gesunder Wirbelsäule und AIS in statisch stabilen Positionen bezogen auf Balancereaktionen keine Unterschiede gemacht werden können. Nach ihnen sind hauptsächlich die visuellen, propriozeptiven und vestibulären Komponenten für eine Verminderung der posturalen Kontrolle und somit der Erhaltung des

Gleichgewichts verantwortlich. Byl und Gray (1993) begründen dies mit der Aussage, dass verschiedene vestibuläre Tests bei ca. 20% der Bevölkerung ein eingeschränktes Gleichgewicht aus unterschiedlichen Gründen zeigten. Ein Problem in der Balance durch die strukturelle Veränderung der AIS hätte sich laut ihnen in den statischen Tests als eine Verschiebung des CFP zur konvexen Seite der IS zeigen müssen. Eine solche Abweichung hätte sich durch ein gesteigertes Körperschwanken verdeutlicht, da der Oberkörper nicht in der Schwerpunktlinie (Lot) zentriert wäre. Doch haben Gauchard et al. (2001) dieses Seitenschwanken nachgewiesen und sie widersprechen so auch den Ergebnissen von Romano et al. (2008b), welche ein Streckreflex der Wirbelsäule als strukturelle Anpassung auf eine das Gleichgewicht herausfordernde Situation beobachteten. Romano et al. (2008b) argumentieren mit ihren Ergebnissen der Stimulation und der damit verbundenen Streckreflexes der Wirbelsäule, dass spezifisches Training des Gleichgewichtes ohne negative Konsequenzen möglich wäre. Obwohl während der Übung die schlechteste Kurve nicht signifikant gestreckt wurde, konnte sich, je schwieriger die Gleichgewichtsaufgabe war, die Krümmung (über die ganze Länge gemessen) deutlich und signifikant verbessern. Zwar war die Anzahl der Probanden klein und auch die Reaktion der Stimulation auf das Gleichgewicht ist nicht als Trainingsmethode zu verstehen. Dennoch werden Feedback- und Feedforwardreaktionen stimuliert und Komponente der posturalen Kontrolle angesprochen.

5.2 AIS-Patient – das dynamische Gleichgewicht

Bei schnell-dynamischen Tests zeigten Gauchard et al. (2001), dass Typ und Lokalisation der idiopathischen Skoliose die zur posturalen Kontrolle erforderliche Propriozeption und somit die Nervenleitung nicht beeinflussen. Auch scheint die Ähnlichkeit der gemessenen Reaktionszeiten auf die gleiche Strategie hinzuweisen. Offenbar besteht hier eine gute reaktive Anpassungsfähigkeit, welche in den unteren Extremitäten ausgeführt und nicht durch die beeinträchtigte Wirbelsäule beeinflusst wird. Ob ein vermehrter Einsatz der oberen Extremitäten in einzelnen Gruppen zu beobachten gewesen war, ist nicht ersichtlich. Die Ergebnisse der zwei langsam-dynamischen Tests zeigten, dass AIS-Patienten mehr von der visuellen Sensorik abhängig sind und daher ohne Sicht auf die Kontrolle des Gleichgewichts sensibler reagieren. Das Feedforward-Kontrollsystem wurde über das Visuelle vorgängig adaptiert und muss aufgrund des Augenschlusses auf das Feedback-Kontrollsystem wechseln. Die Mög-

lichkeit zu reagieren zeigt sich als erschwert und scheint eher durch die Skoliose, also der veränderten Struktur, beeinträchtigt zu sein. Die Ergebnisse der dynamischen Tests mit und ohne Augenschluss kehren die Reihenfolge aus den statischen Tests der SMS um: Je höher die Kurve, desto schlechter die Balance. Laut Gauchard et al. (2001) scheinen die DMS-Patienten den Vorteil zu haben, da sie den Kopf in Normalposition halten, von vestibulären Defiziten weniger betroffen zu sein und umgekehrt ist bei SMS-Patienten durch die Wirbelsäulenverkrümmung die Haltung des Kopfes und somit das vestibuläre System asymmetrisch. Doch das durch die Stimulation erforderliche horizontale Einstellen des Kopfes ist wie erwähnt strukturell bedingt beeinträchtigt und ist synchron mit der Gruppenreihenfolge: Je höher die Kurve, desto grösser die Deplatzierung des Kopfes und der damit verbundenen schlechteren Balance. Diese Tatsache gibt Grund zur Annahme, dass das Gleichgewicht eher durch die grössere Dezentrierung aus dem Lot gerät, und dass das vestibuläre System, das dreidimensional ausgerichtet funktioniert, weniger beeinträchtigt ist. Zudem wurde die Beobachtung gemacht, dass die LS- und weniger die TLS-Gruppe die Kurve besser kompensieren konnte, was zu einer verbessernden Haltung des Rumpfes und weiterlaufend des Kopfes führte. Diese Haltungskorrektur, im statischen Test von Gauchard et al. (2001) nicht beobachtet, kann an der erhöhten Bereitschaft zur Bewältigung der Aufgabe liegen, was sich vielleicht auch mit einem von Romano et al. (2008b) gemessenen Streckreflex geäussert hätte. Byl und Gray (1993) belegten, dass der Verlust des Gleichgewichts in allen Balancesituationen in Abhängigkeit zur Grösse des Skoliosewinkels steht.

Nach Byl und Gray (1993) ist ein allfällig beteiligtes sensorisches Problem nur bei komplexen Gleichgewichtsaufgaben aufzudecken. In ihren komplexen Tests wurde das Halten des Gleichgewichts anhand Kombinationen von Reizungen der sensorischen Faktoren erschwert und geprüft. Da der Untergrund indirekt mittels Halbkugeln instabil gemacht wurde, kann dies als Test des dynamischen Gleichgewichts betrachtet werden. Bei einer Steigerung der Reizung der Propriozeption mittels der instabilen Unterlage und einem Ausfall der Sicht durch Augenschluss und einer Drehung des Kopfes werden die sensomotorischen Prozesse wie die Gleichgewichtsstrategien mehr vom vestibulären System abhängig. Ihre Ergebnisse im Hinblick auf die schlechteren Werte der IS-Gruppe in komplexen Aufgaben deuteten die Untersucher eher als eine Einschränkung der Sensorik als ein mechanisches Problem. Doch ist auch hier durch die Kopffrotation in der Transversalebene die eingeschränkte Be-

weglichkeit der Wirbelsäule angesprochen und somit der Verdacht erhärtet, dass hier eher ein strukturelles Problem unklar zum Verlust der Balance führte. Diese Aussage unterstützend ist auch die Tatsache, dass die Forscher es unterliessen, mit offenen Augen auf instabiler Unterlage den Kopf drehen zu lassen. Verbunden mit der Schlussfolgerung der Studie von Gauchard et al. (2001) scheint ebenfalls eher das visuelle als das vestibuläre System der AIS-Patienten eine Rolle bei der Erhaltung des Gleichgewichts zu spielen.

Zur Problematik des Einflusses der visuellen Sensorik müssten die Wechselbeziehungen zwischen sensomotorischen Faktoren der Balance und der strukturellen mechanischen Faktoren an gesunden Jugendlichen mit Lateralflexion mit Rotation des Oberkörpers genauer untersucht werden. Ebenso wäre auch eine Untersuchung der Gleichgewichtsreaktion von gesunden Jugendlichen sinnvoll, denen der Oberkörper mittels Korsett in eine Krümmung fixiert wurde, um einen aussagekräftigen Vergleich der Sensorik von Probanden mit oder ohne AIS zu erhalten.

5.3 AIS-Patient – Das Gleichgewicht in Bezug auf die Lokomotion

Die Studie von Mallau et al. (2007) betrachtete als einzige die posturale Kontrolle bei AIS-Patienten während der Lokomotion. Die Kontrollgruppe wie auch die AIS-Gruppe reduzierten bei steigender Balanceproblematik das Gehtempo, die AIS-Gruppe war jedoch rund 15% langsamer als die Kontrollgruppe. Diese Verlangsamung kann als Anpassung aufgrund grösserer Herausforderung in der Haltung des Gleichgewichts gedeutet werden. Beim Gehen auf dem Boden und auf einer Linie, nicht aber auf dem Balken, reduzierten sich die seitlichen Drehimpulse als Seitenschwankungen zwischen lumbalen und zervikalen Rumpf in beiden Gruppen. Das erhöhte Seitenschwanken auf dem Balken zeigt eine andere Strategie zur Erhaltung der Balance. Die Kontrollgruppe musste ebenfalls auf die erwähnte Strategie ausweichen. Auf Grund der schwierigeren Herausforderung wurde hier in beiden Gruppen eher segmental „en bloc“ stabilisiert. Somit ist ein Gleichgewichtsproblem bei AIS-Patienten in dieser Situation nicht gegeben. Diese Art von Stabilisation aber stimmt mit dem Ergebnis von Romano et al. (2008b) überein, welche ebenfalls eine segmentale Versteifung auf dem Balken beobachteten. Beim Gehen am Boden wird diese Art von Strategie der „Fixierung“ im lumbalen Bereich und des Beckens von der AIS-Gruppe als Reaktion auf die Aufgabe angewandt. Doch ist in dieser Situation eine erhöhte Rotation des Kopfes in der Transversalebene zu beobachten, gleichzeitig aber auch

eine Stabilisierung des Kopfes, dies im Gegensatz zur Kontrollgruppe, auf den unteren Abschnitt. Dies bedeutet, dass die Schultern mitrotierten und die Wirbelsäule sich tendenziell fixierte. Es scheint, dass die AIS als Versteifung der Wirbelsäule bei erhöhtem Gehtempo (das Gehen findet auf dem Boden statt) die Rotation und die Stabilisierung beeinflusst. Die mangelnde Agilität durch das Rotieren des gesamten Oberkörpers und des Kopfes als Einheit, kann sich als Behinderung des physiologischen Gangbildes und somit des reduziert gemessenen Geh tempos zeigen. Dass hier aber ein Gleichgewichtsproblem vorliegt, kann nicht bestätigt werden, auch weil die Reaktionen auf der Linie und auf dem Balken nicht beobachtet wurden. Da die AIS-Gruppe auf dem Balken mit ähnlicher Balancestrategie wie die Kontrollgruppe reagiert, kann daraus geschlossen werden, dass dies ein motorischer Anpassungsprozess in Abhängigkeit der Aufgabe ist und nichts mit der Pathologie der Skoliose zu tun hat. Die lumbale Wirbelsäule wurde vom Becken gut im Raum stabilisiert und könnte als Basis für die Strategie der Gleichgewichtskontrolle dienen. Bei den Schultern wurde eine Verminderung ihrer Verankerung beobachtet, welche sich jedoch nicht mit einer Kompensation durch stärkere Kopfverankerung ausgeglichen hatte. Der Kopfabschnitt wurde zur Schulter, aber nicht im Raum stabilisiert.

Die ähnlichen Ergebnisse beider Gruppen könnten am durchschnittlich eher tiefen Cobb-Winkel liegen. Da im Gegensatz zur ersten, zweiten oder dritten Studie die Testaktivität nur über 5 Sekunden ausgeführt wurden, kann in dieser kurzen Dauer kaum eine Ermüdung beobachtet werden, welche vielleicht das Ergebnis verändert hätte. Zudem ist aus den Rotationen einzelner Körperanschnitte wenig über ein grundsätzliches Problem im Gleichgewicht von der AIS-Gruppe zu erfahren, da bei der grössten Herausforderung auf dem Balken kaum Unterschiede zur Kontrollgruppe gezeigt wurden.

Obschon Geh tempo, Schrittdauer und Schrittlänge von der AIS-Gruppe angepasst wurde, scheint ein spezifisches Training des Gleichgewichts zur Lokomotion wenig sinnvoll zu sein.

6. Schlussfolgerung

Die Komplexität der Interaktionen von Faktoren des Gleichgewichts und der Skoliose erlauben aus den Studienergebnissen nur ansatzweise Schlüsse zu ziehen. Die beteiligten Faktoren müssten an allen Probanden getestet oder abgeklärt werden, um vergleichbare und evidenzbasierte Aussagen machen zu können. Dennoch kann aus den Studienergebnissen abgeleitet werden, dass bei einer Aktion das Gleichgewicht eher durch die beeinträchtigte Struktur und somit reaktiv und in der Anwendung einer Gleichgewichtsstrategie eingeschränkt ist. In der Physiotherapie ist Gleichgewichtstraining mit AIS-Patienten also grundsätzlich sinnvoll und möglich, da nicht nur im Gleichgewicht, sondern auch direkt an der Wirbelsäule eine Verbesserung erzielt werden kann. Dieses soll nicht nur im Sinne einer Korrektur der Wirbelsäule über die aktiv-reaktiv arbeitende Muskulatur sein, um eine Rückbiegung der Krümmung zu erzwingen, sondern auch um das offensichtlich affektierte vestibuläre System in Balance zu bringen oder zu schulen. Ein Befund zur Abklärung des Gleichgewichts muss individuell anhand der Ergebnisse des Assessments angepasst werden. Dies kann mit einem validierten Test wie zum Beispiel der Berg Balance Scale, welcher durch zusätzliche Einbeziehung der Gleichgewichtsfaktoren ergänzt wird, erfolgen.

Um Interventionen zur Förderung des Gleichgewichts sinnvoll einzusetzen, muss einerseits die Lage und Ausprägung angeschaut, andererseits das Problem im Kontext der Statik, Dynamik und Lokomotion betrachtet und unterschieden werden. Die Studien zeigen, dass die SMS von einer Gleichgewichtsstörung stärker betroffen ist als die DMS. Übungen um das statische Gleichgewicht zu verbessern sind für SMS-Patienten mit tiefer Kurve (lumbal) eher indiziert als für jene mit höher gelegenen Kurven oder DMS. Dabei werden über die sensorischen Komponente Gleichgewichtsstrategien gefördert, welche sich weiterlaufend auf die stabilisierende Muskulatur überträgt und es so zu einem Streckreflex kommen kann. Es kann an Übungen mit stark verkleinerter Unterstützungsfläche oder auch im Einbein-Stand gedacht werden. Zusätzlich ist bei statischen Gleichgewichtsübungen auf seitliche Körperschwankungen zu achten.

Bei Skoliosen im thorakalen Bereich scheinen dynamische Übungen eher geeignet zu sein. Hier können verschiedene Hilfsmittel wie beispielsweise Rx-Matten, Ketten-

brett, Kreisel, Rollen, Linien am Boden, usw., mit welchen das dynamische Gleichgewicht herausfordert wird, eingesetzt, und unter Anwendung gängiger Übungen das Gleichgewicht trainiert und die adaptive Kontrolle entsprechend gefördert werden. Gleichgewichtsübungen können in Spiele eingebaut werden und sind ein guter Ausgleich zur Kräftigung und Körperwahrnehmung. Dabei soll der Einfluss des vestibulären Systems während den Übungen miteinbezogen und gesteigert werden. Dazu kann durch visuelle Einschränkungen die propriozeptive sowie die vestibuläre Sensorik verstärkt werden. Konkret sind Gleichgewichtsübungen, welche für die Behandlung von Skoliose genutzt werden können, in verschiedenen Disziplinen der aktiven Physiotherapie angesiedelt.

Um die Schwerkraft anders zu erleben, kann im Wasser das Gleichgewicht in Rückenlage und damit die Rückenmuskulatur reaktiv trainiert werden. Hier erhält der Körper unter dem Auftrieb eine gewisse Schwerelosigkeit und ist belastungsfrei. Das Drehbestreben um die eigene Achse ist in Rückenlage bei Asymmetrien wie der Skoliose sehr gross. Der Patient wird daher mit einer Drehbewegung des Kopfes oder Oberkörpers zur anderen Seite reagieren. Durch die Gegenreaktion wird die weiterführende Muskelkette aktiviert und gekräftigt (Weber, 1996).

Das dynamische Gleichgewicht wie das Gleichgewicht bei der Lokomotion kann auch durch die Hippotherapie angegangen werden. Dabei werden die neurologischen Grundlagen der Physiotherapie zur Behandlung von Skoliosen auf dem Pferd angewendet. Die Wirkprinzipien unterteilt Strauss (2000) in Rumpfbalance und Sitzpositur, Gangschulung, Tonusregulierung, Rhythmus, Einübung von Symmetrie, Wirbelsäulenhaltung und Einwirkung auf Sensomotorik und Psychomotorik. Alle genannten Aspekte sind wichtige Komponenten der Lokomotion aber auch einer Behandlung von Skoliose im Hinblick auf das Körpergleichgewicht.

Gleichgewichtstraining kann eine ergänzende Strategie in der Behandlung von AIS sein, doch soll eine Skoliose in möglichst allen Aspekten behandelt werden, um effizient und nachhaltig eine Progression zu stoppen oder gar eine Verbesserung zu erzielen. Die Frage der Wirksamkeit des spezifisch an die Skoliose angepassten Gleichgewichtstrainings kann mit dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Um den genauen Effekt des Gleichgewichtstrainings und dessen Effizienz zu untersuchen und nachzuweisen, sollten weitere Studien durchgeführt werden. Diese sollten sich nach der Lage der Krümmung und der Aufgabe unter Einbeziehung von der Balance erschwerenden Massnahmen orientieren.

7 Eigenständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst habe.“

Uster, den 20. Mai. 2010

Christoph Hauser

8 Verzeichnisse

8.1 Literaturverzeichnis

- Bader-Johansson, C. (2000). *Wie wir uns bewegen – Was uns bewegt*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Barth, C. (2005). Posturale Kontrolle. In A. Hüter-Becker, C. Barth, S. Freivogel, M. A. Hirsch, H. V. Hirsch & C. Pott, (Hrsg.), *Bewegungsentwicklung und Bewegungskontrolle* (S. 177-240). Stuttgart: Georg Thieme.
- Bassøe Gjelsvik, B. E. (2007). *Die Bobath-Therapie in der Erwachsenenneurologie*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Byl, N. N. & Gray, J. M. (1993). Complex Balance Reactions in Different Sensory Conditions: Adolescents With and Without Idiopathic Scoliosis. *Journ Orthop Res.* 11:215-227
- Carreiro, J. E. (2004). *Pädiatrie aus osteopathischer Sicht*. München: Elsevier.
- Comerford, M. J. & Mottram, S. L. (2001). Movements and stability dysfunction - contemporary developments. *Manual Therapy* 6:15-26.
- Ehrenberg, H. & Haeusermann, U. (1996). Bewegung als Therapie. In A. Hüter-Becker, H. Schewe & W. Heipertz (Hrsg.), *Untersuchungs- und Behandlungstechniken* (S. 2-41). Stuttgart: Georg Thieme.
- Gauchard, GC., Lascombes, P., Kuhnast, M. & Perrin, PP. (2001). Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control. *Spine (Phila Pa 1976)*. 26(9):1052-8.
- Galley, PM. & Foster, AL. (1985). *Human Movement*. Sydney: Churchill and Livingstone
- Horak, F. B. (2006). Postural Orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing*. 35-S2:ii7-ii11.

- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (1998). *Critical Review Form – Quantitative Studies* [On-Line]. Available: http://www.canchild.ca/en/canchildresources/resources/quantreview_form1.doc (30.04.2010).
- Lehnert-Schroth, C. (2007). *Dreidimensionale Skoliosebehandlung* (7. Ausg.). München: Urban und Fischer.
- Mallau, S., Bollini, G., Jouve, JL. & Assaiante, C. (2007). Locomotor skills and balance strategies in adolescents idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 32(1):E14-22.
- MedizInfo@:Rücken (2010). *Cobb-Winkelmessung* [On-Line]. Available: <http://www.medizinfo.de/ruecken/skoliose/cobb.shtml> (30.04.2010).
- Meyer, C., Haumont, T., Gauchard, GC., Leheup, B., Lascombes, P & Perrin, PP. (2008). The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis is related to the curve type. *Scand J Med Sci Sports*. 18(6):751-5.
- Mirovsky, Y., Blankstein, A. & Shlamkovitch, N. (2006). Postural control in patients with severe idiopathic scoliosis: a prospective study. *J Pediatr Orthop B*. 15(3):168-71.
- Niethard, F. U., Pfeil, J. (2005). *Orthopädie* (5. Ausg.). Stuttgart: Georg Thieme.
- Peterka, RJ. (2002). Sensorymotor integration in human postural control. *J Neurophys*. 88: 1097-118
- Romano, M., Negrini, A., Parzini S. & Negrini S. (2008a). Scientific Approach to Scoliosis (SEAS): Efficacy, Efficiency and Innovation. *Stud Health Technol Inform*. 135:191-207
- Romano, M., Taverno, M., Negrini, S. & Pilon, M. (2006). Adolescent Idiopathic Scoliosis and his correlation with balance function. Can we improve them with exercises? In T. Kotwicki (Hrsg.), *3rd. International Conference on Conservative Management of Spinal Deformities, SOSORT (Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment)*. Poznan (Poland).

- Romano, M., Ziliani, V., Atanasio, S., Zaina, F. & Negrini, S. (2008b). Do imbalance situations stimulate a spinal straightening reflex in patient with adolescent idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform.* 140:307-9
- Schmidt, R. F. & Thews, G. (2005). *Physiologie des Menschen*. Berlin: Springer
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2005). *Prometheus – Lernatlas der Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, MH. (2001). *Motor control, theory and practical applications* (2. Ausg.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- Strauss, I. (2000). *Hippotherapie* (3. Ausg.). Stuttgart: Hippokrates Verlag GmbH
- Von Arne, W. (2008). *Diagnose Skoliose* [On-Line]. Available: <http://www.aerztenetz-duesseldorf.de/services/Skoliose> (30.04.2010).
- Von Stempel, A. (2001). *Die Wirbelsäule*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Weber, H. (1996). *Bewegen im Wasser*. In A. Hüter-Becker, H. Schewe & W. Heipertz (Hrsg.), *Untersuchungs- und Behandlungstechniken* (S. 337-354). Stuttgart: Georg Thieme.
- Weiss, HR., Weiss, G. & Petermann, F. 2003 Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age- and sex-matched controlled study. *Pediatr Rehabil.* 6(1):23-30.

8.2 Abbildungsverzeichnis

- Abb.1 MedizInfo®:Rücken (2010). *Cobb-Winkelmessung* [On-Line]. Available: <http://www.medizinfo.de/ruecken/skoliose/cobb.shtml> (30.04.2010).
- Abb.2 Regnier Orthopädie (2009). *Skoliose Kompetenz Zentrum* [On-Line]. Available: <http://www.regnier-gmbh.com/skoliose.html> (30.04.2010).
- Abb.3 Bader-Johansson, C. (2000). *Wie wir uns bewegen – Was uns bewegt* (S. 23). Stuttgart: Georg Thieme.

8.3 Tabellenverzeichnis

Tab.1 Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2005).
Modifiziert nach Hauser, C. (2010). *Prometheus – Lernatlas der Anatomie*.
Stuttgart: Georg Thieme.

9 Dank

Mein Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit ermuntert und unterstützt haben.

Ein herzlicher Dank an Herrn Rainer Brakemeier für seine fachliche Unterstützung und Betreuung während der Bearbeitung des Themas und des Schreibprozesses.

Auch möchte ich Katrin, Laurin und Mattia für ihre Geduld und Rücksicht danken. Ebenfalls gilt meinen Eltern und Markus für ihre kritischen Hinweise, das Gegenlesen und konstruktiven Anmerkungen ein grosser Dank.

10 Anhang

Matrix

Nr.	Name der Studie	Autoren	Jahrgang	Testverfahren	Alter der Jugendlichen (y)	Cobb-Winkel	Gruppen-grösse	Untersuchte Aktivitäten	Ziel der Studie	Resultat	Be-wert-ung
1.	The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis is related to the curve type	Meyer Haumont Gauchard Leheup Lascombes Perrin	2008	Epidemischer Fragebogen	DMC: 14.5 SMC: 14.8	DMC: 10°-40° SMC: 10°-40°	Testgr.: 169 F (74 mit DMC, 95 mit SMC) Kontrollgr.: 100 F	Einteilung in Wasser-, Athletik-, Kampf-, Extrem-, Dual-, Outdoor-, Gymnastik- und Teamsportarten, sowie unter physiologischen und biomechanischen Aspekten.	Untersuchung der Verbindung und Beziehung zwischen AIS-Typen und sportlicher Aktivität	AIS mit DMC machen mehr PSA als AIS mit SMC und Kontr. Gymnastik als häufigstes PSA.	4P X
2.	Influence of Different types of Progressive Idiopathic Scoliosis on Static and Dynamic Postural Control	Gauchard Lascombes Kuhnast, Perrin	2001	- posturographische Messung von elektro-myogr. Reflexe bei statisch und dynamischen Tests auf Messung: - Zentrum der Fussdruck-verschiebung	SMC: TS: 14.2 TLS: 13.8 LS: 13.6 DMC: 14.5	SMC: 42° 33° 31° DMC: 43°	SMC: - TS: 36 - TLS: 22 - LS: 23 DMC: 21	Gleichgewicht auf statischem, schnell und langsam dynamischem Untergrund (mit und ohne Augenschluss)	Untersuchung, wie Skoliose Typ und deren Lage das globale Gleichgewicht beeinflusst.	- Hierarchie von IS-Typen mit Einfluss auf Kontrolle des Gleichgew. - Lage der MC und vestibuläre Einflüsse auf die Seitenversch. - Kein Einfluss auf Propriozeption	7P ✓
3.	Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age- and sex-matched controlled study	Weiss Weiss Petermann	2003	Cobb-Winkel (stehend) vor und nach der 2. Intervention. Kontrollgr. zu Beginn und Ende der Beobachtungsdauer Verschlimmerung von $\geq 5^\circ$ der am meist betroffenen Kurve gilt als „Progression“	Testgr. A: 9-15 Kontrollgr. B: 10	Testgr. A: 27° R: 6°-52° K-gr. B: R: 5°-30°	Testgruppe A: 181 (156F + 25M) Kontrollgr. B: 135 (111F + 24M)	Individuelles Trainingsprogramm kombiniert mit Haltungsmusterkorrekturen mit physiotherapeutischen Methoden nach Prinzipien nach Lehner-Schroth mit dem Ziel, die Haltungskorrektur zu erleichtern und in täglichen Aktivitäten Halten zu können.	Test der Hypothese, dass physiobasierte, stationäre Interventionen an Kinder mit IS eine Progredienz der Kurve reduzieren können.	Das Auftreten einer Verschlechterung war in der unbehand. Kontrollgr. 1,5 bis 2,9 mal häufiger als in der Testgr. Bemühungen um zu Testen, ob physische Therapie für das KGG effektiv genutzt werden könne, sind limitiert.	5P X
4.	Postural control in patients with severe idiopathic scoliosis: a prospective study	Mirovsky Blankstein Shlamkovitch	2006	Messung des körperlichen Gleichgewichts mittels computer-gesteuerter dynamischer Posturographie.	14.7	61° (47°-87°)			Hypothese: Abnormales Körper-gleichgewicht von Pat. mit AIS kann durch dynamische Posturographie aufgespürt werden.	Abnormalitäten vom sensorischen System sind nicht in der Ursache einer AIS involviert.	4P X

5.	Complex Balance Reactions in Different Sensory Conditions: Adolescents With and Without Idiopathic Scoliosis	Byl Gray	1993	Stehen auf stab. Unterlage: Augen offen / offen mit Kopf drehen / Augen geschlossen / visueller Konflikt. Stehen auf instab. Unterlage (je 25): Augen offen / 1-Beinstand / visueller Konflikt mit ungleich. Unterl. / Augen geschlossen / ungleich. Unterl. / Tandemstand / 1-Beinstand / ungleich. Unterl. mit Kopf drehen	Test- und Kontrollgruppe: 15.8	38.2° <15° (7) ≥40° (8)	Testgr. 50 SMC: - TS: 9 - TLS: 30 DMC+TMC:11 Kontr.gr. 20	Messung mittels Ataxiometer mit 2 beweglichen Fussplatten die über den Dehnungsmesser das Druckzentrum eruiert.	Messung von Reflexen des Gleichgewichts unter einfachen und komplexen Voraussetzungen auf unstabiler Unterlage (force plate stabilometer)	Bei stabiler statischer Gleichgewichtsposition: Test=Kontrollgr. Bei Reizung visueller und somatosensorischer Systeme IS-Gruppe höhere Körper-schwankungen, je kleiner und stabiler die IS desto bessere Balance	6P ✓
6.	Locomotor Skills and Balance Strategies in Adolescents Idiopathic Scoliosis	Mallau Bollini Jouve Assaiane	2007	Gehen auf Ebene, Linie, Balken. Messung mittels automatic optical TV image processor	Testgr.: 14.3 Kontr.gr.: 14.1	10° - 30° -	Testgr.: 17 Kontr.gr.: 16	Bewegungsablauf über Fuss, Becken, Rumpf, Schulter, Kopf Rotationen	Untersuchung des funktionellen Effektes der IS auf Gleichgewichtsstrategien während der Fortbewegung	Mit IS Gehtest 15% langsamer, steifere Beckenstabilisation. Beeinflussung der Verminderung der Stabilisation bei Kopffrotation sowie vestibuläres Defizit	6P ✓
7.	Do imbalance situations stimulate a spinal straightening reflex in patient with adolescent idiopathic scoliosis	Romano Ziliani Atanasio Zaina Negrini	2008b	Standardisiertes Stehen auf flachem Boden und auf dem Schwebebalken. Messung mittels Global Optoelectronic Approach for Locomotion and Spine (GOALS) in 3D.	Testgr.: 12 - 15	19.3° (± 9.9°)	Testgr.: 14	Stehen auf Boden und Stehen auf Schwebebalken	Untersuchung von Veränderung der Kurve (Streckungsreflex) der Skoliose in stabiler und instabiler Situation	Stat. signifikanter Unterschied einer Streckung der Kurve vom Boden 19.3° (± 9.9°) auf Schwebebalken 18.6° (± 9.6°), jedoch nicht in der schlechtesten Kurve. Kurven in Grade: 33% ↑ zu 13% ↓, Patientie: 43% ↑ zu 14% ↓.	6P ✓

Kriterien zur Auswahl der Studien in Punkte:

- Cobb-Winkel im physiotherapierelevanten Bereich max. 2 P.
- Alter der Probanden max. 2 P.
- Ziel der Studie bezogen aufs Gleichgewicht max. 1 P.
- Untersuchte Aktivität bezogen aufs Gleichgewicht max. 1 P.
- Anzahl Probanden / Gruppengösse max. 1 P.
- Studie nicht vor 1990 herausgegeben