

Der Einfluss von regelmässiger Kräftigung der Rumpfmuskulatur auf die Progression der thorakalen Krümmung bei adoleszenter, idiopathischer Skoliose



Autorin Stephanie Todesco,
Zypressenstr.3, 8408 Winterthur
Matrikelnummer: S06-538-789

Departement G, Studiengang Physiotherapie

6. Semester, Jahrgang 06

Datum: 19.06.2009

Betreuer: Hannu Luomajoki

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT	1
1. EINLEITUNG.....	2
1.1. EINFÜHRUNG.....	2
1.2. FRAGESTELLUNG.....	3
1.3. METHODE	3
1.3.1. Literaturrecherche und Keywords	3
1.3.2. Inclusions und Exclusions	4
2. HAUPTTEIL	5
2.1. DEFINITION	5
2.1.1. Was ist Skoliose	5
2.1.2. Wie wird der Schweregrad gemessen.....	7
2.1.3. Häufigkeit.....	10
2.1.4. Was ist Krafttraining.....	10
2.2. WARUM KRAFTTRAINING BEI SKOLIOSE.....	15
2.3. MEDIZINISCHE UND PHYSIOTHERAPEUTISCHE HINDERGRÜNDE	16
2.3.1. Diagnosestellung	17
2.3.2. Konservative Therapiemöglichkeiten	19
2.3.3. Operative Therapiemethoden	20
2.4. ANALYSE UND RESULTATE	22
2.4.1. Übersicht über die verwendeten Studien.....	22
2.4.2. Kurze Zusammenfassungen der Studien	23
2.4.3. Zusammenfassung der Resultate	28
2.5. DISKUSSION.....	29
3. SCHLUSSTEIL	33
3.1. SCHLUSSFOLGERUNG	33
4. LITERATURVERZEICHNIS	34
5. BILDERVERZEICHNIS	35
6. DANKSAGUNG	36
7. EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	36
8. ANHANG	37

Abstract

Background. Muskuläre Dysbalancen zählen unter anderem zu der Symptomatik einer Skoliose. Es stellt sich die Frage, ob durch eine Verminderung oder gar eine vollständige Beseitigung dieser Dysbalancen die Wirbelsäulendeformität einer Skoliose verbessern lassen würde. Eine weit bekannte Methode um dieses Ungleichgewicht zu beheben, stellt das gezielte Krafttraining dar. Daher ist das Ziel dieser Arbeit, mehr Licht in die Thematik des Einflusses von regelmässigem Krafttraining auf die Progression der thorakalen Krümmung bei idiopathischer, adoleszenter Skoliose zu bringen.

Methode. Es wurde eine Literatursuche in den Datenbanken Pubmed, Pedro, Medline, Corchane Collaboration und CINAHL durchgeführt. Einschlusskriterien waren: randomisierte, kontrollierte Studien (RCT), Effektstudien, Clinical Trials (CT; klinische Studien), Kohortenstudien oder Case series (Einzelfalldarstellung). Zu den Ausschlusskriterien zählten: Andere Therapiemethoden wie die Therapie nach Schroth und andere Formen der Skoliose, wie Skoliose nach Trauma oder Frakturen.

Resultate. Vier Effektstudien und eine kontrollierte Kohortenstudie wurden in diese Arbeit eingeschlossen. Im groben sagten sie, dass Krafttraining einen positiven Einfluss auf die skoliotische Krümmung hat. Vier der verwendeten Studien zeigen ein positives Outcome, nur ein Autor wies keine Verbesserung der Krümmung auf, hier stagnierte der Grossteil.

Schlussfolgerung. Es kann gesagt werden, dass regelmässiges Krafttraining auf idiopathische, adoleszente Skoliosen einen positiven Einfluss hat. Allerdings muss gesagt werden, dass dies nur auf milde Skoliosen <60° Cobb-Winkel zutrifft.

1. Einleitung

1.1. Einführung

Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, welchen Einfluss regelmässiges Krafttraining auf die Progression (Fortschreiten) der thorakalen Krümmung bei adoleszenter (im jugendlichen Alter), idiopathischer (ohne bekannte Ursache) Skoliose hat.

In der heutigen Gesellschaft häufen sich übergewichtige und bewegungsfaule Kinder und Jugendliche und daraus resultieren Wirbelsäulendeformitäten und Rückenbeschwerden. Immer mehr Kinder und Jugendliche erkranken an Skoliose auf Grund schlechter Haltung und schwacher Muskulatur. Durch diese Wirbelsäulendeformitäten entwickeln sich muskuläre Dysbalancen, das heisst hypotone (verminderte Muskelspannung unterhalb der Norm) beziehungsweise hypertone (erhöhte Muskelspannung oberhalb der Norm) Muskulatur. Es stellt sich die Frage, ob sich diese Dysbalancen durch gezieltes Krafttraining ausgleichen lassen würden. Die Folgen des Krankheitsbildes könnten so gemindert werden langfristig behandeln lassen.

Skoliose wird definiert als eine Lateralflexion (Seitneigung) der Wirbelsäule mit einer Translation (Parallelverschiebung) und Rotation (Drehung) der Wirbelkörper von mindestens 10° Cobb-Winkel (wird später in dieser Arbeit näher erläutert). Die Ursachen sind weitgehend ungeklärt. Es scheint aber so zu sein, dass die Entwicklung einer Skoliose von mehreren Faktoren abhängig ist, die Ursachen also multifaktorel sind. Daher sind 90% der Fälle idiopathische Skoliosen.

Zu den diagnostischen Verfahren gehören Röntgenbilder, in denen verschiedene Messparameter gekennzeichnet und so der Schweregrad bestimmt werden kann. Zur Behandlung einer Skoliose können konservative, wie auch operative Verfahren angewendet werden. Entscheidend für die Therapieform sind Alter, Ursache und Ausmass des Schweregrades.

1.2. Fragestellung

Aus der oben erwähnten Begründung der Themenwahl, ergab sich folgende Fragestellung:

Welchen Einfluss hat regelmässige Kräftigung der Rumpfmuskulatur auf die Progression der thorakalen Krümmung bei adoleszenter, idiopathischer Skoliose?

1.3. Methode

1.3.1. Literaturrecherche und Keywords

Zur Literaturrecherche wurden hauptsächlich die Datenbanken Pubmed, Pedro, Medline, Corchane Collaberation und CINAHL verwendet. Die Suche beinhaltete die Keywords „scoliosis“, „idiopathic“, „adolescent“ und „strength training“.

Die Recherche begann mit dem Keyword „scoliosis“. Da dies zu viele Resultate erzielte, wurden „idiopathic“ und „adolescent“ mit der „AND“-Funktion angefügt. Da die Resultatenmenge immer noch zu gross war, wurde die „AND“-Funktion mit dem Keyword „training“ ergänzt. Nun war die Thematik so eingegrenzt, dass eine einigermaßen überschaubare Menge an Studien gefunden wurde. Wurde die Suche weiter mit „strength“ eingegrenzt, kamen vier Resultate zum Vorschein, von welchen drei nützlich waren.

In der weiteren Recherche wurden in den Literaturverzeichnissen der vorhandenen Studien nach brauchbaren Referenzen gesucht. Um die in Frage kommenden Studien zu finden, wurde die Datenbank NEBIS genutzt.

Zur weiteren Literaturrecherche wurde in verschiedenen Bibliotheken nach geeigneten Fachbüchern gesucht, um die Thematik der idiopathischen, adoleszenten Skoliose zu erläutern.

Beispiel einer Literaturrecherche anhand der Datenbank Pubmed:

Search	Most Recent Queries	Result
#9	Search (strength) AND (#7)	4
#8	Search strength	126588
#7	Search (training) AND (#5)	69
#6	Search training	769025
#5	Search (adolescent) AND (#3)	2603
#4	Search adolescent	1285331
#3	Search (idiopathic) AND (#1)	3361
#2	Search idiopathic	67753
#1	Search scoliosis	13715

Tab. 01: Beispiel einer Literaturrecherche

1.3.2. Inclusions und Exclusions

Zu den Einschlusskriterien gehörten:

- Beinhalten der Thematik „idiopathische, adoleszente Skoliose“
- Trainingsprogramm mit Kräftigungskomponente der Rumpfmuskulatur
- Studiendesigns: RCT, Effektstudien, CT, Kohortenstudien, Case series

Zu den Ausschlusskriterien zählten:

- Andere Therapiemethoden wie zum Beispiel die Therapie nach Schroth
- Andere Formen der Skoliose, wie zum Beispiel Skoliose nach Trauma oder Frakturen

2. Hauptteil

2.1. Definition

2.1.1. Was ist Skoliose

Die Skoliose wird definiert als eine Lateralflexion der Wirbelsäule mit einer Translation von mindestens 10° Cobb-Winkel und einer Rotation der Wirbelkörper (Hagedorn, 2007). Die Wirbelsäule kann nicht mehr aktiv aufgerichtet werden. Der am stärksten rotierte Wirbel wird als Scheitelwirbel bezeichnet, da er auf der Höhe der Bogenmitte (Bogenscheitel) liegt. Weiter werden die am meisten zueinander geneigten Wirbel unterhalb und oberhalb eines Bogens als Neutralwirbel definiert. Es ist zu

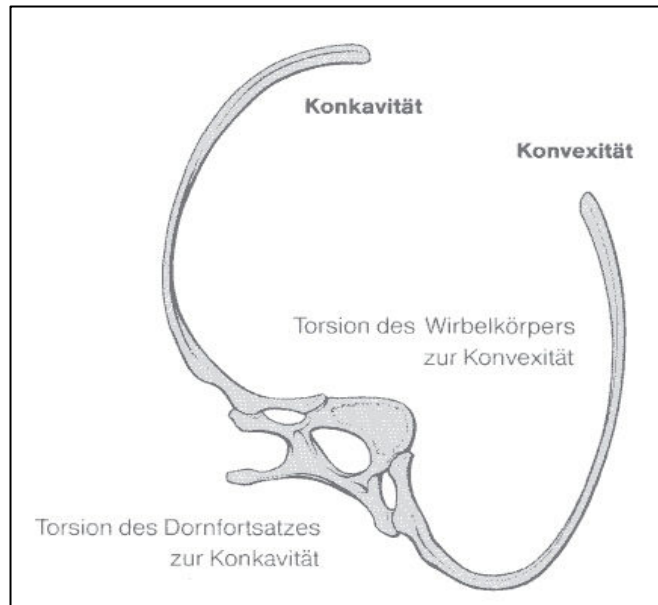


Abb. 01: Deformitäten einer Skoliose

beobachten, dass sich der Wirbelkörper in Richtung der konvexen (gerundeten) Seite der Krümmung und der Dornfortsatz zur konkaven (eingewölbten) Seite drehen.

Da die Rippen mit den Wirbelkörpern verbunden sind, kommt es auch hier zu Deformitäten. Es entsteht an der konvexen Seite der Krümmung ein Rippenbuckel und auf der konkaven ein Rippental.

Die Skoliose wird je nach betroffenem Wirbelsäulenabschnitt eingeteilt in (Hagedorn, 2007):

- Thorakale Skoliose: Hauptkrümmung in der Brustwirbelsäule (BWS)
- Lumbale Skoliose: Hauptkrümmung in der Lendenwirbelsäule (LWS)
- Thorakolumbale Skoliose: Hauptkrümmung im Übergang von Brust- zu Lendenwirbelsäule (Thoracolumbaler Übergang (TLÜ))
- Doppel-S-Skoliose: Zwei Hauptkrümmungen in der BWS und LWS

Die Ursachen einer Skoliose sind weitgehend unbekannt. Es scheint aber so zu sein, dass das Entwickeln einer Skoliose von mehreren Faktoren (multifaktorel) abhängig ist. Abnormalitäten wie vestibuläre Funktionsstörungen (Gleichgewichtsstörungen), Veränderungen der Discus vertebralis (Bandscheiben), wie auch pathologische (abnormale, krankhafte) Veränderungen der Skelettmuskulatur gehen aber mit der Skoliose einher (Wirth et al., 2004). Noch unklar ist jedoch, ob diese Abnormitäten Ursache oder Folge einer Skoliose sind.

In 90% der Fälle handelt es sich um eine idiopathische Skoliose (Ebenhöh, 2009). Sie wird ausgehend von Entstehungszeitpunkt eingeteilt in (Hagedorn, 2007):

- Säuglingsskoliose: angeboren oder im ersten Lebensjahr auftretend
- Infantile Skoliose: im zweiten und dritten Lebensjahr
- Juvenile Skoliose: zwischen dem vierten Lebensjahr und der Pubertät
- Adoleszentenskoliose: beginnt in der Pubertät

Die Skoliosepatienten sind meist schmerzfrei. Beschwerden treten erst ab dem 30. Lebensjahr auf, dann vor allem bei längerem Sitzen und Stehen. Lokalisiert werden diese Schmerzen unterhalb der Krümmung.

Bleibt die Skoliose unbehandelt, können weitere Symptome wie verminderte Herz-/ Lungenleistung, auftreten. Denn durch die fortschreitende Deformität der Wirbelsäule und der anliegenden Rippen wird der Thorax (Brustkorb) verformt und verengt, so dass die Lunge weniger Platz zur Verfügung hat und an Lungenvolumen abnimmt. Die Progredienz der Deformität steht in Abhängigkeit mit dem Krümmungsausmass. Laut PD. Dr. Liljenqvist fanden Nachemson et al. „bei den 10- bis 12-jährigen Patienten bei Krümmungen unter 20° eine Progredienzwahrscheinlichkeit von 25%, bei Krümmungen zwischen 20° und 29° lag die Progredienzwahrscheinlichkeit bei 60% und für Krümmungen von 30° bis 60° bei 90%. Skoliosen mit einem Winkel von mehr als 60° waren zu 100% progredient“.

2.1.2. Wie wird der Schweregrad gemessen

Um den Schweregrad einer Skoliose zu bestimmen, werden Röntgenbilder im Stand von anterior-posterior (von vorne nach hinten) angefertigt. Auf dieser Aufnahme werden folgende drei Wirbel bestimmt (Weiss et al., 2003):

- *Oberer Endwirbel*: der am stärksten nach kranial (kopfwärts liegend) geneigte Wirbel und zugleich der oberste Wirbel der Krümmung
- *Scheitelwirbel*: der mittlere Wirbel einer Krümmung, welcher meist die grösste Rotation aufweist
- *Unterer Endwirbel*: der am stärksten nach kaudal (fusswärts liegend) geneigte Wirbel und zugleich der unterste der Krümmung

Methode nach Cobb

Diese Methode bildet den wichtigsten Parameter, um den Schweregrad der Skoliose zu bestimmen. Sie macht Aussagen über den Neigungswinkel der Wirbel (Weiss et al., 2003).

Von der Deck- oder Grundplatte des oberen und unteren Endwirbels werden Parallelen gezogen. An deren Schnittpunkt kann der Cobb-Winkel abgemessen werden.

Bei mildereren Krümmungen treffen sich die beiden Parallelen erst ausserhalb des Bildes, daher wird auf jeder Geraden eine Senkrechte aufgetragen und der Cobb-Winkel in deren Schnittpunkt gemessen.

Da sich der Cobb-Winkel im Laufe des Tages um 5° (morgens<abends) verändert, sollte die Untersuchung möglichst immer zur gleichen Tageszeit durchgeführt werden (Weiss et al., 2003).

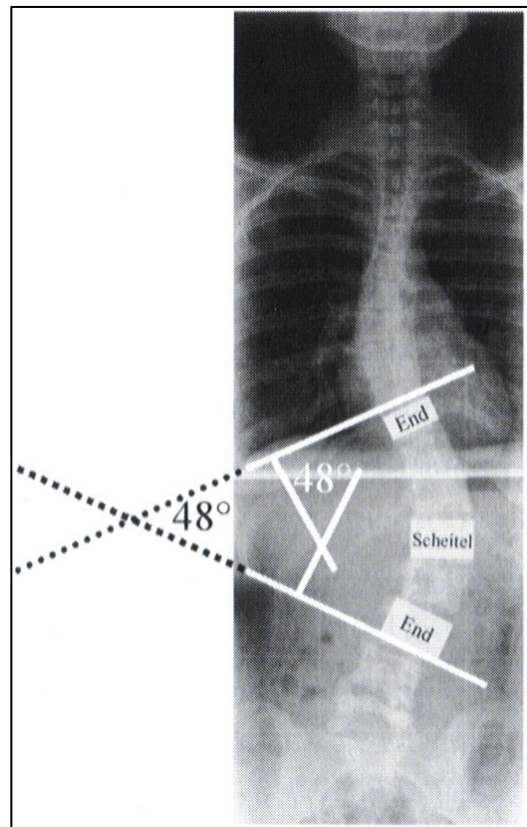


Abb.02: Cobb-Winkel-Messung

Methode nach Nash und Moe

Mit dieser Messart wird der Rotationsgrad des Scheitelwinkels anhand der Lage der Perdikel (Bogenwurzel des Wirbelbogens→Siehe Anhang) zueinander beurteilt. Obwohl diese Methode recht ungenau ist, wird sie oft für die Ermittlung des Schweregrades benutzt (Weiss et al., 2003). Der Rotationsgrad wird in fünf Grade eingeteilt:

- **Grad 0:**
Normal
- **Grad 1:**
Leichte Verschiebung der Perdikel zur Konkavität (zu gewölbten Seite hin) der Krümmung
- **Grad 2:**
Der Perdikel auf der konkaven Seite der Krümmung beginnt zu verschwinden.
- **Grad 3:**
Der Perdikel an der konkaven Seite der Krümmung ist komplett verschwunden, der Perdikel der konvexen Seite bis maximal zur Mittellinie verschoben.
- **Grad 4:**
Der konvexseitige Perdikel hat die Mittellinie überschritten.

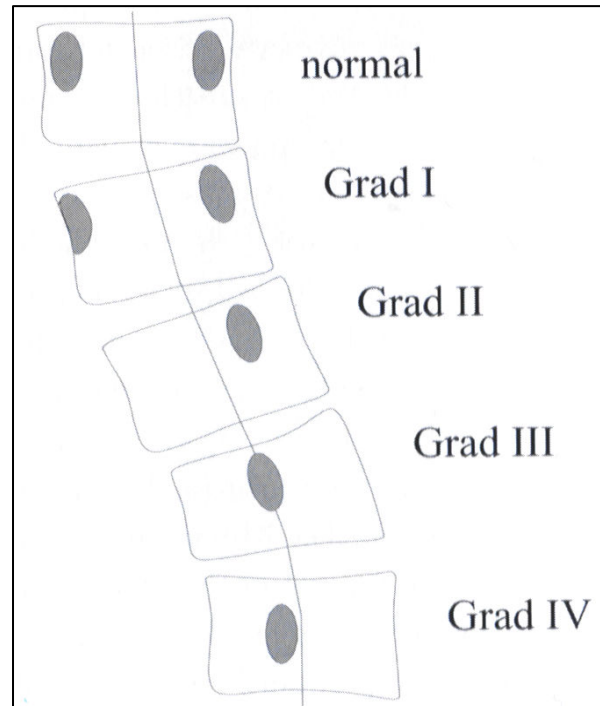


Abb.03: Messung nach Nash und Moe

Methode nach Perdrille (Weiss et al., 2003)

Bei dieser Messmethode wird ebenfalls der Rotationsgrad bestimmt. Dafür werden

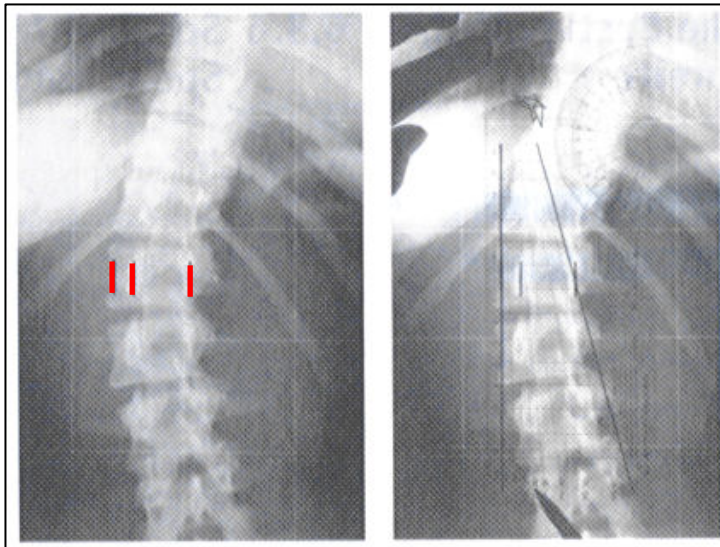


Abb. 04: Methode nach Perdrille

im Röntgenbild drei Linien gezogen. Diese Markierungen setzt man je am rechten und linken Ende des Wirbelkörpers und durch die Mitte des konvexseitigen Perdikels. Nun wird die Messschablone nach Perdrille so auf das Röntgenbild gelegt, dass sich die Begrenzungsmarkierungen des Wirbelkörpers mit den

seitlichen Begrenzungslinien der Schablone überlagern und das Ausmass der Rotation auf der Schablone abgelesen werden kann.

Nach Raimondi (Hagedorn, 2007)

Für die Methode nach Raimondi benötigt man dieselben Markierungen auf dem Röntgenbild, welche in der Methode nach Perdrille eingezeichnet werden. Zusätzlich misst man allerdings die Breite des Scheitelwirbels und den Abstand des konvexseitigen Perdikels zum konvexseitigen Wirbelbogenrand.

Nun werden die Breite des Scheitelwirbels und der Abstand der zweiten Messung auf der Messschablone nach Raimondi eingestellt. Somit lässt sich der Rotationsgrad auf der Schablone ablesen.

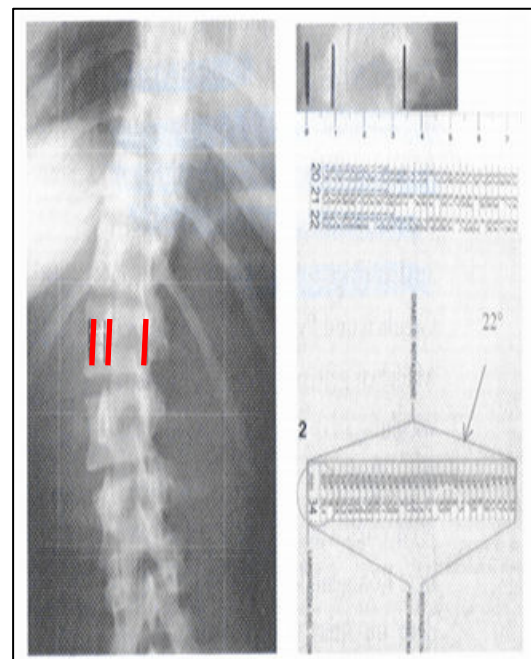


Abb. 05: Methode nach Raimondi

2.1.3. Häufigkeit

Die idiopathische Skoliose ist die häufigste Skolioseform im Kindes- und Jugendalter. Angaben zur Häufigkeit variieren stark. Es können Zahlen zwischen 0.13% bis 16% der Bevölkerung in der Literatur gefunden werden (Stephann & Schmitz, 2008). Dies ist darauf zurückzuführen, dass immer noch grosse Unstimmigkeit darüber herrscht, ab wann eine Seitneigung der Wirbelsäule als Skoliose definiert wird. Man kann aber sagen, dass Mädchen vier- bis fünfmal häufiger betroffen sind (Stephann & Schmitz, 2008).

2.1.4. Was ist Krafttraining

Kurze Beschreibung des Muskelaufbaus

Die quergestreifte Muskulatur des Menschen ist folgendermassen aufgebaut (von aussen nach innen):

- *Muskel*
- *Muskelfaserbündel*
- *Muskelfaser*
- *Myofibrille*
- *Sarkomer* (bestehend aus Aktin- und Myosinfilamenten)

Das Sarkomer bildet durch dessen Aktin- und Myosinfilamente den kontraktile Teil der Muskulatur und sorgt dafür, dass die Muskulatur gedehnt oder kontrahiert wird. Wird der Muskel durch einen elektrischen Impuls aktiviert, kommt es zur Kippung der Myosinköpfchen und deren Anlagerung an die Bindungsstellen der Aktinfilamente.

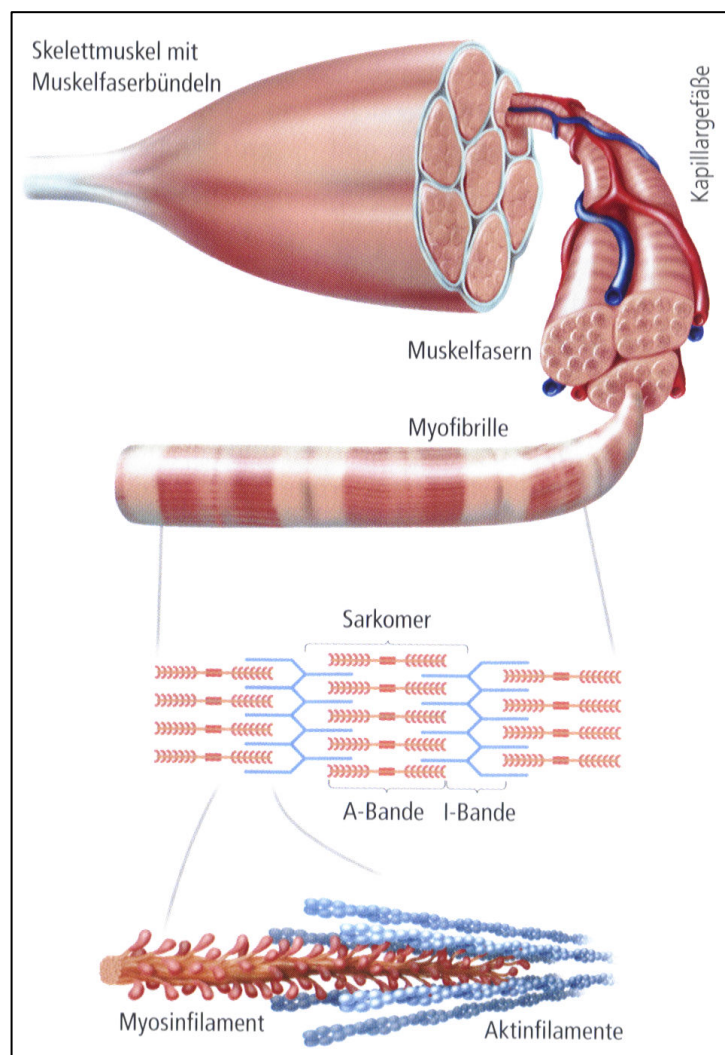


Abb. 06: Muskelaufbau

Dadurch verschieben sich Aktin- und Myosinfilamente gegeneinander und es folgt eine weitere Anlagerung des Köpfchens an die nächste Bindungsstelle. Dieser Prozess erfolgt unter Energieverbrauch. Die nötige Energie wird durch die Aufspaltung von ATP (Adenosintriphosphat) und ADP+P (Adenosinphosphat und Phosphat) bereitgestellt.

Muskelfasertypen

Die Muskeln können auf Grund ihrer Kontraktionsgeschwindigkeit und Ermüdungsresistenz in folgende Fasertypen unterteilt werden:

- *Extrafusale Fasern (ausserhalb der Muskelspindel)*
- *Intrafusale Fasern (innerhalb der Muskelspindel)*

Die extrafusalen Muskelfasern sind die kontraktiellen Anteile eines Muskels und werden folgendermassen unterteilt: (Seidenspinner, 2005)

- *Typ-I-Fasern (Slow-twitch-Fasern):* rote, dünne, langsame Fasern, welche bei geringer Muskularbeit benötigt werden und vor allem in tonischen Muskeln vorhanden sind → Haltearbeit
- *Typ-II-Fasern (Fast-twitch-Fasern, phasische Muskulatur):* weisse, dicke, schnelle Muskelfasern, welche vor allem bei schneller und kräftiger Muskularbeit beansprucht werden und überwiegend in physischen Muskeln vorhanden sind

Solche Typ-II-Fasern weiter unterteilt in: (Seidenspinner, 2005)

- *Typ-IIA-Fasern:* ermüden schnell, werden bei länger anhaltender Kontraktion genutzt
- *Typ-IIB-Fasern:* schnelle, aber auch leicht ermüdende Fasern, welche für kurze Belastungen mit hoher Kraftentwicklung benötigt werden.
- *Typ-IIC-Fasern:* können sich je nach Training zu Typ-I- oder zu Typ-II-Fasern entwickeln

Die intrafusale Muskulatur kann in *Kernsack-* und *Kernkettenfasern* unterteilt werden. Diese Muskelfasern stellen Muskellängen und -spannungsänderungen ein und nehmen dies auch wahr.

Die Eigenschaften der beiden Fasertypen sind hier kurz tabellarisch dargestellt:

Eigenschaften	Typ-I-Fasern (Tonische Muskulatur)	Typ-II-Fasern (Phasische Muskulatur)
Funktion	Haltemuskulatur	bewegende Muskulatur
Ermüdbarkeit	langsam	schnell
Reaktion auf Überbelastung	Tonuserhöhung und somit Verkürzung	Tonussenkung und somit Atrophie (Schwäche)
gegenseitige Einflüsse	verkürzte Muskeln hemmen ihre Antagonisten (verursacht Gegenläufige Bewegung)	atrophierte Muskeln sind auf Grund der Hemmung nicht optimal trainierbar

Tab. 02: Zusammenfassung der Muskelfasertypen

Muskelwachstum bei Krafttraining

Muskelwachstum geschieht in den Myofibrillen. Einerseits verdicken sich vorhandene Myofibrillen durch Einlagerung weiterer Proteine (Aktin und Myosin), andererseits bilden sich neue Myofibrillen (Kieser, 2006). Durch angeschwemmte Aminosäuren (Protein), welche durch die erhöhte Durchblutung der arbeitenden Muskulatur zahlreicher vorhanden sind, werden die Muskelproteine synthetisiert (verbinden). Der Vorgang dieser Muskelquerschnittsverlängerung wird als Muskelfaserhypertrophie bezeichnet. Bei der Hypertrophie kommt es unter anderem auch zu einem Muskellängenwachstum. Laut Kieser (2006) geschieht dies durch die Ausdehnung vorhandener Sarkomere und die Einlagerung neuer Sarkomere in die Myofibrille. Es konnte weiter festgestellt werden, dass es beim Krafttraining auch zu einer Zunahme der Kapillaren zur Versorgung des Muskels mit Sauerstoffmolekülen kommt.

Krafttraining

Die Kraft erfüllt in unserem Körper verschiedene Funktionen. Die Stabilisierung der Gelenke und der Wirbelsäule ist eine der wichtigsten Bestandteile der verschiedenen Aufgaben der Kraft. Die Stabilität bildet eine der Grundlagen für stabile Bewegung. Kraft wird im biologischen Sinne folgendermassen definiert:

„... die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems, durch Muskeltätigkeit Widerstände zu überwinden (konzentrische Muskelaktion), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Muskelaktion) bzw. sie zu halten (isometrische Muskularbeit).“
(Radlinger et al. 1998)

Das Krafttraining kann in verschiedenen Trainingsmethoden unterteilt werden. Diese Methoden orientieren sich am Ziel des Trainings.

In dieser Arbeit wird man sich auf die Methode der Kraftausdauer beschränken, da im Alltag der Körper längeren Belastungen ausgesetzt ist.

Unter Kraftausdauer versteht man die Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Muskulatur, bei lang anhaltender Belastung. Diese Kraftform repräsentiert demnach die Muskelarbeit, welche die stabilisierende Muskulatur der Wirbelsäule und daher auch des Rumpfes, leisten muss.

Somit muss die tonische paravertebrale Muskulatur über eine gute Kraftausdauer verfügen. Des Weiteren sollte bei einer Skoliose die Kraftausdauer genau dieser so wichtigen tonischen paravertebralen Muskulatur trainiert werden. Den nur so kann die Korrektur der Haltung und die somit die Aufrichtung der Wirbelsäule über längere Zeit aufrecht erhalten werden.

Jede Krafttrainingsmethode wird durch verschieden ausgeprägte Trainingsparameter definiert. Zu den relevanten Parametern zählen (Seidenspinner, 2005):

- *Reizintensität*: Stärke des Reizes in prozentualen Anteilen der individuellen Maximalkraft
- *Reizdauer*: Zeit in der die Belastung auf den Muskel einwirkt
- *Reizumfang*: Anzahl der Wiederholungen pro Serie
- *Reizdichte*: Anzahl und Dauer der Erholung innerhalb der Trainingssequenz

Im Kraftausdauertraining können diese Parameter folgendermassen definiert werden:

- *Reizintensität*: 30 - 65% der maximalen Kraft, langsames bis mittleres Tempo
- *Reizdauer*: 4-1-4 → 4 Sekunden heben, 1 Sekunde Pause, 4 Sekunden loslassen
- *Reizumfang*: ca. 3-5 Serien à 15 - 30 Wiederholungen
- *Reizdichte*: 60-120 Sekunden Pause zwischen einzelnen Serien

Trainierbarkeit der Muskulatur

Es ist schwierig einen Muskel mit üblichen Geräten wie Hanteln gleichmässig über das gesamte Bewegungsausmass, zu kräftigen. Auf Grund der wirkenden Schwerkraft kann die Muskelkontraktion nicht über den gesamten Bewegungsweg konstant gehalten werden.

Um dem entgegen zu wirken, gibt es vier Möglichkeiten (Radlinger et al. 1998):

- Nur im erforderlichen Bewegungsausmass mit dem nötigen Gewicht trainieren
- Nur segmental mit dem nötigen Gewicht trainieren, um in allen Teilbereichen die Muskelspannung konstant halten zu können
- Mit speziell für die Kräftigung spezifischer Muskeln konstruierten Geräten trainieren, sie halten die Muskelspannung während dem ganzen Bewegungsausmass konstant
- Durch Anpassung der Ausgangsstellung

Um den Trainingseffekt zu optimieren, „sollten die Übungen nach oder aus einer leichten Vordehnung über das gesamte Bewegungsausmass ausgeführt werden“ (Radlinger et al. 1998). Dadurch wird der Agonist (Muskel, der eine bestimmte Bewegung verursacht) über das ganze Bewegungsausmass gekräftigt und der Antagonist (Muskel, der eine gegenläufige Bewegung zum Agonisten verursacht) gedehnt. Es kann also mit dieser Trainingsmethode eine muskuläre Dysbalance ausgeglichen werden.

Weiter kann gesagt werden, dass beim Krafttraining der tonischen mit langsamer bis mittlerer Geschwindigkeit und einer kurzen Pause in der Endphase zu trainieren. Ebenso sollte eine niedrige Belastung, dafür eine hohe Wiederholungszahl gewählt werden. Im Gegensatz dazu sollte bei der phasischen Muskulatur ein Training absolviert werden mit schnellern Bewegungen und höherer Belastung, dafür weniger Wiederholungen. Das richtige Durchführen der Bewegung ist eine wichtige Voraussetzung für ein solches Training der phasischen Muskulatur.

2.2. Warum Krafttraining bei Skoliose

Die Wirbelsäule wird durch sieben Sicherungssysteme vor übermässiger Belastung geschützt. Hier zu gehören (Gottlob, 2007):

- *Rückenstrecker*: Erector spinae
- *Seitliche Bauchmuskulatur*: Obliquus internus/externus, Transversus abdominis, Quadratus lumborum
- M. latissimus dorsi: mit oberflächlichem Anteil des Gluteus maximus
Gerade Bauchmuskulatur: Rectus abdominis
- *Beckenstellende Muskulatur*: Iliopsoas, Rectus femoris, Gluteus maximus, Ischicruralmuskulatur, Rectus abdominis
- *HWS-Muskulatur*: zusammen mit Trapezius pars ascendens

Die Rückenstrecker sind verantwortlich für die Seitneigungs-/Rotationsstabilisierung und die Statik (Stellung der Gelenke/Körperabschnitte zueinander) der Wirbelsäule. Bei einer Skoliose könnten sie direkt betroffen sein, da sie durch die Deformierung der Wirbelsäule auf der konkaven Seite verkürzt sind und auf der konvexen gedehnt werden. Verkürzte Muskulatur neigt zu Hypertonus, gedehnte zu Hypotonus, wodurch eine muskuläre Dysbalance entsteht. Es kann angenommen werden, dass durch Kräftigung der hypotonen Muskulatur auf der konvexen Seite eine Aufrichtung der Wirbelsäule resultiert, welche fortsetzend zu einer Dehnung und Detonisierung (Spannungsminderung) der hypertonen Muskulatur auf der konkaven Seite führt. Die muskuläre Dysbalance könnte somit verringert und die Deformierung der Wirbelsäule verbessert werden, wobei nicht von einer vollständigen Korrektur gesprochen werden kann.

Voraussetzungen für den Trainingsbeginn bei Skoliose (Buchbauer & Steininger, 2004)

Um ein Krafttraining im Falle einer Skoliose beginnen zu können, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Halten der korrigierten Stellung bei Übungsbeginn
- Schmerzfreiheit während und nach der Übungseinheit
- Normales Gangbild

Vorsichtsmassnahmen für das Krafttraining bei Skoliosepatienten

(Buchbauer & Steininger, 2004)

Beim Krafttraining mit einem Skoliosepatienten müssen folgende Punkte vermieden werden:

- Kein asymmetrisches Trainieren in Fehlhaltung
- Keine Stauchbelastungen in der Längsachse (Sprünge etc.)
- Keine extremen Flexionsbewegungen (Beugen)
- Keine Hyperlordosierung (Hohlkreuz)
- Keine übermässige Rotation
- Keine Lateralflexion durch einseitiges Tragen

Ziele des Krafttrainings bei Skoliose (Kieser, 2006)

Mit einem Krafttraining werden unten aufgelistete Ziele verfolgt:

- Ausgleich der Muskulären Dysbalance
- Mobilisierung der Wirbelsäule
- Mobilisierung der Rippenwirbelgelenke (neigen zu Blockierung und Versteifung)
- Empfohlen wird ein Training auf der MedX (Rumpfaufrichtung und Derotation)

Neben dem Krafttraining der Rumpfmuskulatur für das Ausgleichen der Krümmung, sollten Skoliosepatienten auch ein Ausdauertraining absolvieren. Da durch die Krümmung der BWS die Lunge im Thorax weniger Platz zu Verfügung hat, muss darauf geachtet werden, dass die Lungenkapazität durch die Verengung nicht abnimmt.

2.3. Medizinische und physiotherapeutische Hindergründe

In der Literaturrecherche zu den medizinischen und physiotherapeutischen Hindergründen der Skoliose wurde das Fachbuch von Weiss et al. (2003) entdeckt. Da dieses Sachbuch seine Recherche auf evidenzbasierte Literatur abstützt, wurden in den folgenden Punkten hauptsächlich aus diesem Fachbuch referiert.

2.3.1. Diagnosestellung

Bei der Diagnosestellung werden zwei Untersuchungsmethoden angewendet, welche in folgende Gruppen eingeteilt sind:

Klinische Untersuchung

Radiologische Untersuchung

Klinische Untersuchung

In der klinischen Untersuchung wird je eine Inspektion von hinten, der Seite und von vorne durchgeführt. Es werden folgende Punkte beobachtet:

- Von hinten:
 - einseitiger Schulterhochstand
 - Hochstand der Scapula (Schulterblatt)
 - Asymmetrie der Taillendreiecke (siehe Anhang)

 - Beckenschiefstand
 - Ausrichtung der Wirbelsäule

- Seitlich:
 - sowohl im Stand als auch mit vorgebeugtem Rücken, um die Kyphotisierung (Buckelbildung) einzuteilen
 - Flachrücken
 - Kyphotisierung

- Von vorne:
 - Verdrehung des Brustkorbes
 - Asymmetrie der Brüste und des Brustkorbes
 - Schulter-/Beckenschiefstand

Adams - Test

Weiter wird der sogenannte Adams Test durchgeführt, bei welchem sich der Patient mit nacktem Oberkörper und freihängenden Armen nach vorne neigt. Eine allenfalls vorhandene Beinlängendifferenz sollte im Voraus durch eine Brettunterlage behoben werden. Zunächst wird sowohl von kranial, wie auch von kaudal auf die



Abb. 07: Rippenbuckel bei Adams Test

Wirbelsäule gesehen. Besteht nun eine Skoliose, ist bei einer thorakalen Skoliose ein Rippenbuckel und bei einer lumbalen ein Lendewulst erkennbar.

Radiologische Untersuchung

In der radiologischen Untersuchung werden Röntgenbilder im Stand von anterior-posterior (von vorne nach hinten) angefertigt, um wichtige Verlaufsparemeter zu ermitteln. Diese wird anhand verschiedener Messmethoden, welche im Punkt 1.1.2. näher erläutert wurden, bestimmt. Zu diesen Verlaufsparemetern zählen:

- Cobb-Winkel
- Rotationswinkel

Weiter wird der Wachstumsgrad des Skelettes ermittelt, um zu sehen in wie weit noch Knochenwachstum erwartet werden kann.

Risser-sign

Risser-sign wird benutzt um die Knochenreife zu bestimmen. Hierzu benötigt man ein Röntgenbild des Beckens, um den Fortschritt des Wachstums der sogenannten Beckenkammapophyse ermitteln zu können. Diese Apophyse (Knochenfortsatz) beginnt am lateralen (von aussen) der Crista iliaca (Beckenkamm) und wächst nach medial (zur Mitte hin gelegen), bis sie schliesslich mit dem Ileum (Darmbein→siehe Anhang) verschmilzt. Der Fortschritt des Wachstums dieser Apophyse wird in Risser-sign 0-V eingeteilt (Wirth et al., 2004):

- *Risser sign 0*: Apophyse noch nicht sichtbar
- *Risser sign I*: Apophyse beginnt sich von lateral zu entwickeln und beträgt 25% des Beckenkammes
- *Risser sign II*: Apophyse erstreckt sich bis zur Hälfte des Beckenkammes
- *Risser sign III*: Apophyse umfasst 75% des Beckenkammes
- *Risser sign IV*: Apophyse ist komplett über dem Beckenkamm sichtbar
- *Risser sign V*: Apophyse ist mit dem Beckenkamm verwachsen

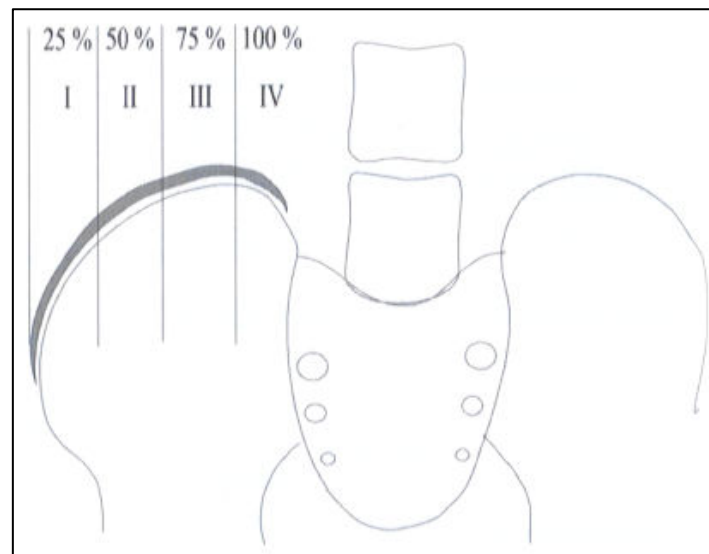


Abb. 08: Risser sign

Bestimmen des Knochenalters

Um das Knochenalter zu bestimmen wird ein Röntgenbild der Hand angefertigt und der Verschluss der Epiphysenfuge an den Fingern beurteilt.

2.3.2. Konservative Therapiemöglichkeiten

Die idiopathische Skoliose ist eine Wirbelsäulendeformität in deren Behandlung die Wichtigkeit auf der Verlangsamung der Progredienz (Voranschreiten), Korrektur der Verkrümmung und weniger auf Schmerzreduktion gelegt wird (Hagedorn, 2007). Ursache, Alter der Betroffenen und das Ausmass der Fehlstellung sind entscheidend für die Auswahl der Therapie. Es stehen zur Behandlung einer Skoliose sowohl konservative, wie auch operative Massnahmen zur Verfügung.

Bewegt sich die Krümmung zwischen 10°-20° Cobb-Winkel, ist eine ambulante Physiotherapie mit Heimprogramm indiziert. Hierbei wird auf Muskelaufbau und ein gutes Körpergefühl für eine symmetrische Haltung geachtet (Ebenhöh, 2009). Es können auch Elektrostimulationen zur Aktivierung bestimmter Muskelgruppen eingesetzt werden. Ziel der Physiotherapie bei leichten Skoliosen ist es, die Fehlstellung der Wirbel bestmöglich zu korrigieren.

Mittelschwere Skoliosen mit einer Krümmung von 30°-60° Cobb-Winkel werden zusätzlich zur Physiotherapie mit einem Korsett behandelt. Das Korsett sollte

23 Stunden am Tag bis zum 18./19. Lebensjahr getragen werden, um ein optimales Resultat erzielen zu können (Ebenhöh, 2009). Das Korsett fixiert den Schultergürtel und das Becken gegen die Rotation, mit Hilfe von Druck- und Entlastungszonen. So wird die Wirbelsäule passiv korrigiert und durch die vorgegebene Stellung das weitere Wachstum der Wirbelsäule beeinflusst.

Schwere Skoliosen mit einer Krümmung von 60° Cobb-Winkel werden nicht mehr mit einem Korsett behandelt. Hier ist eine Operation indiziert. Vorbereitend für die Operation werden sogenannte Traktionsverfahren angewendet. Hierbei wird, über einen am Schädel fixierten Metallring, die Wirbelsäule auf Zug gebracht (Ebenhöh, 2009). Dieser Metallring muss drei bis vier Wochen getragen werden, damit sich die umgebende Muskulatur detonisieren kann.

Die Erfolgschancen einer Operation stehen bei anschließender Rehabilitation und physiotherapeutischer Nachbehandlung in der Regel gut.

2.3.3. Operative Therapiemethoden

Es gibt zahlreiche Operationsverfahren mit dem Ziel der Korrektur und Spondylodese (Stabilisierung) der Wirbelsäule. Es werden folgende Verfahren unterschieden:

- *Ventrale Verfahren:*
 - Ventralspondylodese (VDS)
 - Halm-Zielke-Instrumentation (HZI)

- *Dorsale Verfahren:*
 - Cotrel-Dubouset Instrumentation (CDI)

Diese beiden Verfahren unterscheiden sich im wesentlichen nur von der Zugangsweise zur Wirbelsäule, die Korrekturen sind annähernd gleich.

Ventralspondylodese (VDS)

Bei der VDS-Methode wird die konvexseitige Kompression der Lateralflexion zur Skoliosekorrektur genutzt. Weiter wird die Rotation des Scheitelwirbels gegen den Endwirbel aufgehoben. So wird eine Translation (Zug am konkaven Skoliosescheitel) erreicht und durch den Druck der Wirbelkörper zueinander die Korrektur aufrechterhalten.

Zu den Nachteilen dieser Methode gehören die geringe Stabilität und das Risiko einer Kyphotisierung.

Indiziert ist diese Methode bei folgenden Skolioseformen:

- Einbogige, thorakolumbale Skoliose
- Lumbale Skoliose mit ausreichend flexiblen Nebenkrümmungen
- Strukturell einbogige, thorakale Skoliose

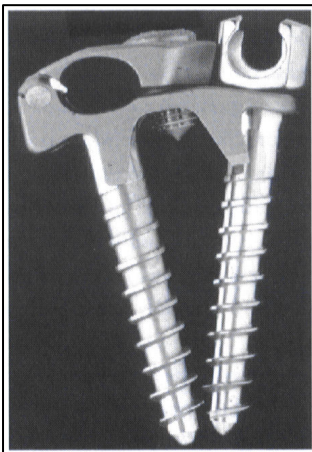


Abb. 09: Schraube mit Biegelplatte

Halm-Zielke-Insturmentation (HZI)

Dieses Verfahren wurde entwickelt um die Nachteile der VDS zu kompensieren.

Damit dies erreicht werden kann, verwendet man andere Schrauben mit einer sogenannten Biegelplatte, um der Wirbelsäule mehr Stabilität zu geben.

Cotrel-Dubousset Instrumentation (CDI)

Das Korrekturprinzip dieser Methode liegt darin, die thorakale Lateralflexion auszugleichen und eine physiologische Kyphose (leichte Buckelform der Wirbelsäule) zu erhalten. Dies wird wiederum mit einer Translation erreicht.

Dieses Verfahren ist bei folgenden Skolioseformen indiziert:

- Einbogige, thorakale Skoliose
- Doppelbogige thorakolumbale Skoliosen

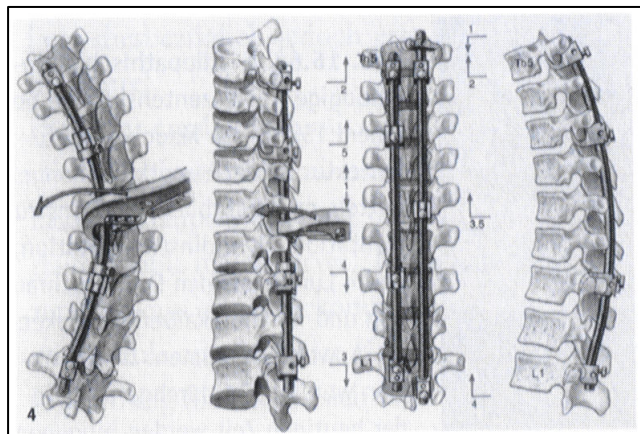


Abb. 10: CDI-Methode

Mittlerweile gibt es verschiedene Varianten der CDI, welche sich in der Verwendung verschiedener Schrauben unterscheiden.

2.4. Analyse und Resultate

2.4.1. Übersicht über die verwendeten Studien

Mittels der in Punkt 2.3.1. erläuterten Methodik wurden fünf Studien gefunden, welche sich mit der Thematik des Krafttrainings der Rumpfmuskulatur der adoleszenten Skoliose befassen. In der folgenden Tabelle werden die Studien graphisch dargestellt.

Autor	Jahr	Titel	Studientyp/ Design	Sample	Key Words
McIntire, Kevin L. et al.	2007	<i>Treatment of adolescent idiopathic scoliosis with quantified trunk rotational strength training</i>	Quantitativ/ Vorher-Nachher-Studie	n=15	- adolescent - idiopathic - scoliosis - strength - training
McIntire, Kevin L. et a	2006	<i>Trunk Rotational Strength Training for the Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)</i>	Quantitativ/ Vorher-Nachher-Studie	n=9	- strength - training - scoliosis - trunk rotation
Mooney, Vert et al.	1999	<i>A Preliminary Report on the Effect of Measured Strength Training in Adolescent Idiopathic Scoliosis</i>	Quantitativ/ Vorher-Nachher-Studie	n=12	- strength - training - adolescent - idiopathic - scoliosis
Negrini, Stefano et al.	2008	<i>Specific Exercises reduce Brace Prescription in adolescent idiopathic Scoliosis</i>	Quantitativ/ controlled cohort Study	n=74	- idiopathic - scoliosis - physical exercise
Mooney & Brigham	2003	<i>The Rule of Measured Resistance Exercise in Adolescent Scoliosis</i>	Quantitativ/ Vorher-Nachher-Studie	n=20	- adolescent - scoliosis - exercise

Tab. 03: Matrix der verwendeten Studien

2.4.2. Kurze Zusammenfassungen der Studien

Im folgenden Abschnitt werden die im Punkt 2.4.1. aufgelisteten Studien kurz zusammengefasst.

Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) with Quantified Trunk Rotational Strength Training (McIntire et al.)

Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob durch gezieltes Krafttraining der Rumpfmuskulatur die Progression der AIS verlangsamt und die Muskuläre Dysbalance ausgeglichen werden kann.

In die Studie involviert waren 15 Patienten (12 weibliche, 3 männliche) im Alter von 10-17 Jahren. Zu den Einschlusskriterien gehörten eine diagnostizierte AIS, eine Krümmung zwischen 20° und 60° und ein Risser sign \leq III. Jeder Proband wurde vor der Studie klinisch untersucht. Das heisst, es wurden Grösse, Gewicht und „lean body weight“ (LBW = Körpergewicht minus Körperfettanteil) gemessen, der Krümmungsgrad mittels radiologischer Untersuchungen bestimmt. Weiter wurde das Risser sign ermittelt und die Krümmung in thorakal, doppelthorakal und thorakallumbal/lumbal eingeteilt. Des Weiteren wurden isometrische Krafttests absolviert. Bei jedem Retest wurden sowohl die klinische Untersuchung, wie auch die isometrischen Krafttests durchgeführt.

Das Trainingsprogramm bestand aus einem viermonatigen Krafttraining der Rumpfmuskulatur unter Supervision und anschliessendem ebenfalls vier Monate dauerndem Heimprogramm.

Nach den ersten vier Monaten Training zeigten alle Probanden eine Kraftverbesserung in Rotationsrichtung. Bei den Retests zeigte sich eine durchschnittliche Verbesserung von 43% bei Rotation zur konkaven Seite der Krümmung und 37% bei Rotation zur konvexen Seite. Nach weiteren vier Monaten konnte kein grosser Kraftunterschied mehr festgestellt werden im Vergleich zu der ersten Trainingsperiode. Bei drei von zehn Patienten nahm die Krümmung um 12° bis 15° zu, wobei jene schon bei Beginn der Studie eine Krümmung von 50° bis 59° aufwiesen. Keine Progression war jedoch bei sieben von zehn Patienten erkennbar.

Es kann also gesagt werden, dass die Progression durch gezieltes Krafttraining der Rumpfmuskulatur verlangsamt werden kann. Dies jedoch nur solange die Krümmung

nicht zu weit fortgeschritten ist. Wird allerdings das Training nach acht Monaten abgebrochen, nimmt die Progression ihren normalen Verlauf.

Trunk Rotational Strength Training for the Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis (McIntire et al.)

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden ob Rumpfrotationstraining einen Einfluss auf die Rumpfkraft, die Stabilisation und die Progression der Krümmung bei adoleszenter, idiopathischer Skoliose hat.

An der Studie nahmen neun Patienten im Alter von 10 bis 17 Jahren teil. Zu den Einschlusskriterien gehörten eine diagnostizierte adoleszente, idiopathische Skoliose, einen Cobb-Winkel zwischen 20° und 40° , ein Risser sign<III und ein Alter zwischen 10 und 17 Jahren. Zu den Ausschlusskriterien zählten neurologische Erkrankungen und andere Formen der Skoliose. Alle Teilnehmer wurden vor der Studie untersucht und die Verlaufzeichen, wie Cobb-Winkel und die isometrische Rumpfrotationskraft in fünf Positionen (36° , 18° , 0° , -18° , -36°), gemessen.

Das Trainingsprogramm wurde in eine Vorbereitungs-, eine Kräftigungsphase und ein Burn-Out unterteilt. Die Vorbereitungsphase bestand aus sieben Minuten Laufband und 20 bis 40 Wiederholungen mit 20kg Gewicht durch die volle Range of Motion (ROM). In der Kräftigungsphase wurden 3 Serien à 7 Wiederholungen ausgeführt, sowohl zur linken als auch zur rechten Seite. Das Gewicht wurde erst um 5% des LBW erhöht, wenn sowohl links als auch rechts mit dem gleichen Gewicht eine vollständige Trainingssequenz absolviert werden konnte. Das Burn-Out bestand aus 20 bis 40 Wiederholungen mit 20 bis 30kg durch die volle Range of Motion. Des Weiteren absolvierten die Teilnehmer drei- bis fünfmal pro Woche ein Heimprogramm mit 3 Serien à 15 Wiederholungen der Therabandübungen.

Nach den vier Monaten konnte eine signifikante Verbesserung der Rumpfkraft festgestellt werden. Auch der Cobb-Winkel verbesserte sich von durchschnittlich $29^\circ \pm 6^\circ$ auf $24^\circ \pm 10^\circ$. Vier der Teilnehmer konnten weitere 4 Monate begleitet werden. In drei dieser vier Fälle verschlechterte sich der Cobb-Winkel wieder. Nur in einem Fall verbesserte er sich, wobei sich bei diesem Proband der Cobb-Winkel in den ersten vier Monaten verschlechtert hatte.

A Preliminary Report on the Effect of Measured Strength Training in Adolescent Idiopathic Scoliosis (Mooney & Brigham, 2003)

Ziel der Studie war es zu zeigen, dass bei adoleszenter Skoliose eine muskuläre Asymmetrie besteht, welche durch gezieltes Training behoben werden kann.

In die Studie involviert waren 12 Patienten (10 weibliche, 2 männliche) im Alter von 11 bis 16 Jahren. Alle hatten eine Krümmung von 20° bis 60° und eine diagnostizierte Skoliose. Weiter zeigten alle eine muskuläre Schwäche auf der konkaven Seite der thorakalen Krümmung. Nur zwei Patienten hatten eine doppelte Krümmung und zeigten die Schwäche auf der konkaven Seite der lumbalen Krümmung.

Die Probanden mussten sich einem Muskelkrafttest unterziehen, welche mit einem Computerprogramm überwacht und aufgezeichnet wurde. Gemessen wurden sowohl die maximale, wie auch die Isometrische Kraft (in der jeweiligen Startposition maximale Rotation nach re/li). Es wurden vier Elektroden zur Datenerhebung angebracht. Zwei Elektroden wurden li und re je 5cm von der Mittellinie entfernt unterhalb der letzten Rippe befestigt. Die anderen zwei Elektroden wurden am Oberbauch, ebenfalls 5cm links und rechts der Mittellinie, und unterhalb der letzten Rippe, befestigt.

Das Trainingsprogramm bestand aus Rotationstraining von einem ROM von 72°, das heisst 36° nach links und 36° nach rechts. Es wurde sowohl konzentrisch (arbeiten gegen die Schwerkraft), exzentrisch (bremsen gegen die Schwerkraft), wie auch isometrisch (Spannen eines Muskels ohne Bewegung) trainiert. Das isometrische Training bestand darin, alle 18° einen Halt zu machen. Konnten 20 Wiederholungen ohne Ermüdung bewältigt werden, wurde das Gewicht um 5% erhöht. Das Training wurde auf einmal pro Woche reduziert, sobald links und rechts dasselbe Gewicht mit derselben Wiederholungszahl bewältigt werden konnte.

Nach vier Monaten Training zeigten 11 von 12 Probanden eine Verbesserung der Krümmung um 20° bis 28°. Nur eine Probandin (16jährig, weiblich, 60° lumbale Krümmung) zeigte eine Progression von 7°.

Specific Exercises reduce Brace Prescription in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Prospective Controlled Cohort Study with Worst-Case Analysis
(Negrini et al.)

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss des SEAS, im Vergleich zu einem „normalen“ Trainingsprogramm, auf die Progression der Krümmung und das Risiko einer Korsettbehandlung zu beurteilen.

An der Studie beteiligt waren 74 Patienten (52 weibliche, 22 männliche) im Alter von durchschnittlich 12 Jahren. Die Probanden wurden in eine SEAS-Gruppe (35, wovon 25 weibliche, 10 männliche) und in eine Kontrollgruppe (39 wovon 27 weibliche, 12 männliche) eingeteilt. Die Einschlusskriterien beinhalteten eine diagnostizierte, unbehandelte Skoliose, ein Cobb-Winkel zwischen 15° und 20°, Risser sign 0-III, Winkel der Rumpfrotation (ATR) >7 und alle Patienten galten als Risikopatienten für eine Korsettbehandlung. Alle Probanden mussten sich einer Untersuchung unterziehen, in welche die Verlaufszeichen Cobb-Winkel und ATR gemessen wurden.

Das Trainingsprogramm der SEAS-Gruppe bestand aus individuell für die Patienten zusammengestellten Übungen. Die medizinische und physiotherapeutische Untersuchung wurde als Grundlage zur Abstimmung der verschiedenen Trainingspläne genutzt. Das Programm wurde täglich zu Hause und zweimal pro Woche in einem Rehabilitationszentrum absolviert. Alle zwei bis drei Monate fand eine eineinhalbstündige Lektion statt, zur Kontrolle der Ausübung. Die Kontrollgruppe bekam von Therapeuten ein Trainingsprogramm, welches in den meisten Fällen in der Gruppe absolviert wurde und 45 bis 90 Minuten dauerte. Auch dieses Programm wurde zwei- bis dreimal pro Woche in einem Studio und täglich zu Hause ausgeübt. Alle Übungen zielten auf Stabilisation, Kräftigung, Gleichgewicht und Koordination.

Die Studie zeigt keinen signifikanten Unterschied in den Resultaten zwischen den beiden Gruppen. Es kam zu fünf Drop-outs (Ausscheiden aus etwas), wovon zwei aus der SEAS-Gruppe (2 weibliche) und drei aus der Kontrollgruppe (2 weibliche, 1 männlicher) waren. Weiter mussten sich elf der Probanden im Laufe der Studie einer Korsettbehandlung unterziehen. Der Cobb-Winkel verbesserte sich in 23.5% der SEAS-Gruppe und in 11.1% der Kontrollgruppe, während er sich in 11.8% der SEAS-Gruppe und in 13.9% der Kontrollgruppe verschlechterte. Die Veränderungen

des Cobb-Winkels sind jedoch so minimal, dass sie klinisch nicht relevant sind. Der ATR verbesserte sich in 9.1% der SEAS-Gruppe und in 2.8% der Kontrollgruppe, während er sich in 15.1% der SEAS-Gruppe und in 27.8% der Kontrollgruppe verschlechterte.

The Role of Resistance Exercises in Adolescent Scoliosis
(Mooney & Brigham, 2003)

Das Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Krafttraining auf die Adoleszentskoliose zu untersuchen.

An der Studie nahmen 20 Patienten (18 weibliche, 2 männliche) teil. Zu den Einschlusskriterien gehörte eine diagnostizierte Adoleszentskoliose. Alle Probanden hatten einen Cobb-Winkel zwischen 15° und 41° und wiesen eine Asymmetrie der Rotationskraft auf. Vor dem Beginn des Trainings wurden die Teilnehmer untersucht und Cobb-Winkel und Rumpfkraft gemessen.

Das Trainingsprogramm bestand aus einem Krafttraining auf dem MedX mit 20 Wiederholungen. Das Startgewicht lag bei 1/3 des Körpergewichts und wurde erhöht, sobald links und rechts mit dem gleichen Gewicht 20 Wiederholungen ohne Ermüdung absolviert werden konnten. Ein Retest (wiederholte Untersuchung) fand immer monatlich statt.

Von 20 Probanden zeigten 16 eine Verbesserung der Krümmung. Am Ende der Studie war der durchschnittliche Cobb-Winkel $23^{\circ} \pm 14.1^{\circ}$. Bei den übrigen vier Patienten hatte das Krafttraining keinen Einfluss auf den Cobb-Winkel, er stagnierte (nicht fortschreitend).

2.4.3. Zusammenfassung der Resultate

In der nachfolgenden Tabelle werden die Resultate der verwendeten Studien graphisch dargestellt.

Autor	n	Trainingsprogramm		Results
McIntire et al. (2007)	n=15	Erste vier Monate: - 2x/Woche Krafttraining Rumpfmuskulatur mit MedX - 3 Serien à 7 Wiederholungen (WH) mit 33-55% bzw 25-45% von LBW	Zweite vier Monate: - Heimprogramm - 3-5x/Woche Krafttraining der Rumpfmuskulatur mit gelbem Theraband - 3 Serien à 15 WH pro Seite	- Progression der Krümmung bei 3/10 - Keine Progression bei 7/10
McIntire et al. (2006)	n=9	Vier Monate: - 2x/Woche Krafttraining der Rumpfmuskulatur mit MedX mit 20% bzw 30% von LBW - 3 Serien à 10 WH	Heimprogramm: - 3-5x/Woche Rotationsübungen für Kräfteerhalt mit stärkstem Theraband - 3 Serie à 15 WH	- Verbesserung der Krümmung ist signifikant (p<0.02) nach vier Monaten - Durchschnittlicher Cobb-Winkel nach vier Monaten 24°±10°
Mooney et al. (1999)	n=12	Vier Monate: - 2x/Woche Rotationstraining mit isometrischem Halt - Konzentrisch/exzentrische - 20WH	- konnten li und re gleich viel Gewicht gehoben werden, wurde das Training auf 1x/Woche reduziert	- Progression der Krümmung bei 1/12 - Verbesserung der Krümmung bei 11/12
Negrini et al. (2007)	n=74	SEAS Gruppe - 2x/Woche Training in Rehasentren - 1xtägl zu Hause Angelernte Übungen, genau auf Skoliose abgestimmt (Stabilisation, Kräftigung, Gleichgewichtsübungen, Koordination)	Kontrollgruppe: - 2-3x/Woche Verschiedene Übungen, von Therapeut zusammengestellt - in den meisten Fällen wurde in Gruppen geübt - Tägliche Heimübungen	→ keinen signifikanten Unterschied zw SEAS und Kontrollgruppe Cobb-Winkel: SAES verbessert (23.5% verbessert vs 11.8% verschlechtert) Kontrollgruppe verschlechtert (11.1% verbessert vs 13.9% verschlechtert)
Mooney & Brigham	n=20	- 2x/Woche Krafttraining Rumpf mit MedX - 20 WH	- Startgewicht war 1/3 des Körpergewichts	- Progression der Krümmung bei 0/20 - Verbesserung der Krümmung bei 16/20

Tab. 04: Zusammenfassung der Resultate

2.5. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, welchen Einfluss ein regelmässiges Krafttraining der Rumpfmuskulatur auf die Progression der thorakalen Krümmung bei idiopathischer, adoleszenter Skoliose hat.

Die meisten der verwendeten Studien zeigen grösstenteils positive Ergebnisse. Es kann in vielen Fällen die Progression der Krümmung vermindert, aber nicht aufgehalten werden.

McIntire et al. (2007) involvierte zehn Patienten, wovon sieben keine Progression zeigten, sich die Krümmung aber auch nicht verbesserte, sondern stagnierte. Die Probanden absolvierten im Anschluss an das viermonatige Training am Krafttrainingsgerät für weitere vier Monate ein Heimprogramm mit Theraband. Nach diesen weiteren vier Monaten verschlechterte sich die Krümmung bei 3/10 der Probanden um 2° bis 15°. Allerdings muss angefügt werden, dass jene Patienten von Beginn weg sehr fortgeschrittene Deformitäten aufgewiesen hatten.

In einer früheren Studie zeigte McIntire et al. (2006) eine signifikante ($p < 0.02$) Verbesserung der Krümmung nach vier Monaten Training, wobei auch die stagnierten Krümmungen in die Teilmenge der verbesserten Krümmungen einbezogen wurden. Der durchschnittliche Cobb-Winkel vor der Behandlung lag bei $29^\circ \pm 6^\circ$, nach der Intervention sank dieser auf $24^\circ \pm 10^\circ$ ab.

Negrini et al. (2007) ist der einzige Autor der verwendeten Studien, welcher eine Kontrollgruppe führte. Beide Gruppen erzielten positive Ergebnisse, wobei es keinen signifikanten Unterschied im Outcome der SEAS-Gruppe, welche ein speziell abgestimmtes Programm mit Koordinations-, Stabilisations-, Kräftigungs- und Gleichgewichtskomponenten absolvierte, und der Kontrollgruppe gab. In der SEAS-Gruppe verbesserte sich die Krümmung jedoch in 23.5% der Fälle; in der Kontrollgruppe nur bei 11.1% der Fälle.

Die besten Resultate erzielte Mooney et al. (1999), wobei berücksichtigt werden muss, dass seine Stichprobe recht klein ist und keine Kontrollgruppe geführt wurde. Im Unterschied zu den anderen Autoren liess er seine Probanden sowohl konzentrisch/exzentrisch, wie auch isometrisch trainieren. Die Studie zeigte bei 91.7% (11/12) eine Verbesserung der Krümmung. Nur ein Proband wies eine Progression von 7 auf, wobei jener mit einem Cobb-Winkel von 60° startete.

Auch die zweite Studie von Mooney & Brigham (2003) weist gute Resultate auf. In 80% der Fälle konnte eine Verbesserung der Krümmung festgestellt werden. Bei keinem der Probanden schritt die Progression fort. Leider werden keine Informationen über die restlichen Probanden gegeben. Allgemein kann über diese Studie gesagt werden, dass ihre Resultate mit Vorsicht zu genießen sind, da keine Kontrollgruppe und nur wenig Informationen über das absolvierte Training vorhanden sind.

Das Krafttraining im Zusammenhang mit Skoliose ist noch ein weitgehend unerforschtes Gebiet, daher konnten nur wenige Studien gefunden werden. Es musste berücksichtigt werden, dass die Studien qualitativ nicht sehr hochwertig sind. Denn nur eine Studie (Negrini et al. 2007) führte eine Kontrollgruppe. Auch sind die Mengen der Stichproben oft sehr klein. Nur Negrini et al. (2007) führte eine Stichprobe mit über 20 Patienten. Es muss auch gesagt werden, dass keine der Studien eine Langzeitstudie ist. Es kann also nicht gesagt werden, wie sich das Krafttraining langfristig, etwa über zwei Jahre hinweg, auf die Krümmung der Skoliose auswirkt. Weiter waren in den verwendeten Studien weder Untersucher noch die Therapeuten geblendet. Da keine Kontrollgruppen geführt wurden, waren auch die Probanden nicht geblendet. Es konnten keine RCT (randomised control Trail) gefunden werden, daher wurden Effekt- und Kohortenstudien verwendet.

Augenscheinlich wurden in den verwendeten Studien Verbesserungen der Krümmung erzielt, diese sind aber nur sehr gering. Laut McIntire et al. (2007) wird dies damit erklärt, dass an der Rumpfrotation nur ca. 5% der, für die Stabilität und Statik der Wirbelsäule sehr wichtigen paravertebralen Muskulatur (die Wirbelsäule umgebende Muskulatur), beteiligt sind. Studien belegen, dass eine muskuläre Dysbalance der paravertebralen Muskulatur bei Skoliosepatienten besteht. Laut Slager et al. (1986) zeigen 68% seiner Probanden eine abnormale Verteilung der Typ-I-Fasern in der paravertebralen Muskulatur. Diese abweichende Verteilung äussert sich vor allem darin, dass auf der konkaven Seite der Krümmung mehr Typ-I-Fasern vorhanden sind. Andererseits ist dieser Fasertyp auf der konvexen Seite vermindert vorhanden, dafür vermehrt Typ-II-Fasern. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass Typ-I-Fasern eher zur Verkürzung und Typ-II-Fasern zur Atrophie neigen (Slager et al., 1986). Den werden die Typ-II-Fasern auf der konvexen Seite gedehnt, können sie nicht mehr optimal arbeiten und atrophieren. Im

Gegensatz dazu verkürzen die Typ-I-Fasern der konkaven Seite auf Grund der geneigten Wirbelsäule. Diese Aspekte unterstützen die These von McIntire. Denn sind die Typ-I-Muskelfasern atrophiert, können sie nicht adäquat arbeiten, das heisst nicht optimal stabilisieren. Dieser Fasertyp ist für die Haltearbeit und daher auch für die Stabilisierung der Wirbelsäule zuständig. Die Folgen wären daher instabile Gelenke oder Fehlhaltungen, wie sie zum Beispiel bei einer Skoliose vorhanden sind. Es ist bekannt, dass Krafttraining als Form der Therapie bei Skoliosepatienten angewendet wird, dies aber immer in Begleitung von physiotherapeutischen Massnahmen. Es ist erstaunlich, dass alle Autoren der verwendeten Studien über positive Ergebnisse berichten können, da alle Probanden nur ein Krafttraining absolvierten, ohne weitere korrigierende Massnahmen, wie Halteschulung oder Mobilisationen. Nur das Trainingsprogramm von Negrini et al. (2007) beinhaltete auch andere Aspekte wie Koordination, Gleichgewicht und Stabilisation.

Überraschend ist des Weiteren die Bandbreite der Resultate aus den verwendeten Studien. Das beste Outcome erreichte Mooney et al. (1999) mit einer Verbesserung der Krümmung von bis zu 20°. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass in seinem Trainingsprogramm darauf hin trainiert wurde, sowohl links wie auch rechts mit dem gleichen Gewicht zu trainieren. So schaffte er die Voraussetzungen, um eine muskuläre Dysbalance ausgleichen zu können. Denn ein hypertoner Muskel hemmt seinen Antagonisten, welcher unter diesen Umständen schwer zu trainieren ist. Des Weiteren liess er die Probanden sowohl konzentrisch/exzentrisch, wie auch isometrisch trainieren. Das isometrische Training ersetzt die Haltearbeit der paravertebralen Muskulatur und trainiert diese in ihrer alltäglichen Aktivität. Dieses alltagsnahe Training könnte einen positiven Einfluss auf die Krümmungen der Skoliosen ausgeübt haben.

McIntire et al. (2007) zeigte keine Verbesserung der Krümmungen, sondern in den meisten Fällen eine Stagnation. Es könnte sein, dass das angewendete Trainingsprogramm mit 20% der Maximalkraft unterdosiert war.

Andererseits konnte auch mit positiven Ergebnissen gerechnet werden, da eine muskuläre Dysbalance immer Auswirkungen auf die umgebende Muskulatur hat. Durch die muskuläre Dysbalance in der paravertebralen Muskulatur bei Skoliosepatienten muss die oberflächliche Rumpfmuskulatur Mehrarbeit leisten und wird dadurch hyperten. Durch ein regelmässiges Krafttraining wird der Stoffwechsel

der Muskulatur angeregt und der Tonus reguliert. Daher kann erwartet werden, dass sich eine Krümmung der Wirbelsäule durch den Tonusausgleich verbessert. Ebenfalls befand sich der Grossteil der gesamten Probanden im Anfangsstadium der Skoliose. Auffallend ist, dass jene Patienten mit einer fortgeschrittenen Skoliose von mindestens 60° Cobb-Winkel nach dem absolvierten Trainingsprogramm eine Progression zeigten. Es scheint so zu sein, dass ein gezieltes Krafttraining nur positiven Einfluss auf die Krümmung ausübt, solange sie noch nicht zu weit fortgeschritten ist.

Für zukünftige Studien müsste berücksichtigt werden, dass Kontrollgruppen bestehen, welche homogen sind und von einer unabhängigen geblendeten Person eingeteilt werden. Weiter sollten sowohl Untersucher, wie auch Patienten geblendet sein. Es sollte ein auf die Problematik der Skoliose abgestimmtes Trainingsprogramm erstellt werden, welches einerseits konzentrische beziehungsweise exzentrische, andererseits aber auch isometrische Muskelarbeit beinhaltet. Des Weiteren sollte im Kraftausdauerbereich trainiert werden, um einen optimalen Transfer in den Alltag zu erreichen. Um optimale Voraussetzungen für ein solches Training zu schaffen, sollten die Tonusverhältnisse im Voraus ausgeglichen werden oder zu mindest annähernd identisch im Seitenvergleich.

Nicht nur Übungen an Krafttrainingsgeräten sollten integriert werden, sondern auch funktionelle Übungen, wie zum Beispiel den Vierfüßler. Die Studie sollte einen Follow-up (Nachuntersuchung) enthalten, welches eine Mindestspannbreite von 2 Jahren hat, um langfristige Resultate messen zu können.

3. Schlussteil

3.1. Schlussfolgerung

Das Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, welchen Einfluss regelmässiges Krafttraining auf die Progression der thorakalen Krümmung bei idiopathischer, adoleszenter Skoliose hat. Die Thematik wurde gewählt, weil sich in der heutigen Zeit Wirbelsäulendeformitäten und Rückenbeschwerden häufen. Immer mehr Kinder und Jugendliche sind übergewichtig und bewegungsfaul, was sich negativ auf den Bewegungsapparat auswirkt. Wirbelsäulendeformitäten werden also in Zukunft vermehrt als zu behandelnde Diagnosen auf einer Physiotherapieverordnung stehen. Daher stellte sich die Frage, wie eine physiotherapeutische Behandlung optimiert werden kann, um möglichst alle Wirkungsmechanismen zu erreichen.

Um die Thematik einzugrenzen, wurde die im Punkt 2.2. erwähnte Fragestellung formuliert. Nun wurde mit der Literaturrecherche in verschiedenen Datenbanken und Bibliotheken begonnen. Aus dieser Recherche gingen fünf Studien hervor.

Der Grossteil der Studien zeigen positive Ergebnisse, obwohl diese mit Vorsicht zu interpretieren sind, da die zur Verfügung gestandenen Studien qualitativ nicht sehr hochwertig sind. Weiter besteht auch eine weite Bandbreite innerhalb der positiven Ergebnisse. Die Resultate bewegen sich zwischen 0° und 20° Verbesserung des Cobb-Winkels.

Es kann gesagt werden, dass ein regelmässiges Krafttraining der Rumpfmuskulatur positiven Einfluss auf die thorakale Krümmung bei idiopathischer, adoleszenter Skoliose hat. Es muss jedoch auf ein abgestimmtes Trainingsprogramm und eine optimale Vorbereitung geachtet werden.

Allerdings kann auf zu weit fortgeschrittene Skoliosen mit einem Cobb-Winkel von $\geq 50^\circ$ kein Einfluss genommen werden. Solch progriente Skoliosen sollten operativ korrigiert werden. Die Progression kann nicht aufgehalten werden, aber zumindest verlangsamt und somit eine korrigierende Operation hinausgeschoben werden.

4. Literaturverzeichnis

- Buchbauer, J. Steininger, K. (2004). *Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation – komplette Programme zur medizinischen Aufbautraining*. München: Urban&Fischer.
- Ebenhöh, G. (2009). *Strukturelle Skoliosen* [On-Line]. Available: <http://www.ebenhoehdr.com/Schulerseite/Skoliose/skoliose.html> (14.12.2008).
- Ford, D.M., Bagnall, K.M., McFadden, K.D., Greenhill, B.J., Raso, V.J. (1983). Paraspinal Muscle Imbalance in adolescent idiopathic Scoliosis. *Spine*, 9/4, 373-376.
- Gottlob, A. (2007). *Differenziertes Krafttraining mit Schwerpunkt Wirbelsäule*. München: Urban&Fischer.
- Hagedorn, S. (2007) *Was ist Skoliose?* [On-Line]. Available: <http://www.skoliose-info-forum.de/kb.php?mode=article&k=2#3> (14.12.2008).
- Kieser, W. (2006). *Krafttraining in Prävention und Therapie*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Mannion A.F., Meier, M., Grob, D., Müntener, M., (1998). Paraspinal muscle fibre type alterations associated with scoliosis: an old revisited with new evidence. *European Spine Journal*, 7, 289-293.
- McIntire, K. Asher MA, Burton DC, Liu W., (2007). Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) with Quantified Trunk Rotational Strength Training. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 21/5, 349-358.
- McIntire, K., Asher, M., Burton, D., Liu, W. (2006). Trunk Rotational Strength Training for the Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis. In Uyttendaele, D., Dangerfield, P. (Editioner) (2006), *Research into Spinal Deformities 5* (273-280). Amsterdam: IOS Press.
- Mooney, V., Brigham, A. (2003). The Rule of Measured Resistance Exercise in Adolescent Scoliosis. *Orthopedics*, 26/2, 167-171.
- Mooney, V., Gulick, J., Pozos, R. (1999). A Preliminary Report on the Effect of Measured Strength Training in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 13/2, 102-107.
- Negrini, S., Zaina, F., Romano, M., Negrini, A., Parzini, S. (2007) Exercises reduce Brace Prescription in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Prospective Controlled Cohort Study with Worst-Case Analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40, 451-455.
- Radlinger L., Bachmann, W., Homberg, J., Leuenberger, U., Thaddey, G. (1998). *Rehabilitative Trainingslehre*. Stuttgart: Thieme.
- Radlinger, L. et al. (1998). *Rehabilitatives Krafttraining*. Stuttgart: Thieme.
- Slager, U., Hsu, J.D. (1986) Morphometry and pathology of the paraspinal muscles in idiopathic scoliosis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 28, 749-756.
- Seidenspinner, D. (2005). *Training in der Physiotherapie*. Berlin-Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Stephann, B., Schmitz, M. (2009). *Skoliose* [On-Line]. Available: <http://www.onmeda.de/suche/index.html?q=skoliose> (29.04.2009).

Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

Wirth, C.J., Authorsen, S.E. (2004) *Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Wirbelsäule, Thorax*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

5. Bilderverzeichnis

[Titelbild] Brock, H. (2002). Wirbelsäule [On-Line]. Available: <http://www.linz.at/akh/812.asp>. (16.05.2009)

[Abb. 01] Ebenhöf, G. (2009). *Strukturelle Skoliosen* [On-Line]. Available: <http://www.ebenhoeedr.com/Schulerseite/Skoliose/skoliose.html> (14.12.2008).

[Abb. 02] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 03] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 04] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 05] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 06] Kieser, W. (2006). *Krafttraining in Prävention und Therapie*. Bern: Verlag Hans Huber.

[Abb. 07] Liljenqvist, U. (2009). *Skoliose* [On-Line]. Available: <http://www.orthoforum.de/2279/Skoliose> (05.05.2009).

[Abb. 08] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 09] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

[Abb. 10] Weiss, H.R., Ahrens, M., Asher, M., Burton, D., Freidel, K., Fürderer, S., Dangerfield, P., Delank, K. ST., Eysel, P., Hawes, M., Halm, H., Lonstein, J., Maier-Hennes, A., Ogon, M., Reichel, D., Rigo, M., Reovenich, U., Stokes, I., (2003). *Wirbelsäulendeformitäten – konservatives Management*. München: Richard Pflaum Verlag GmbH &Co.

6. Danksagung

Ich möchte einen besonderen Dank meinem Betreuer Hannu Luomajoki aussprechen. Er hat mich gut unterstützt, stand mir mit Rat und Tat zur Seite und beantwortete fleissig meine Fragen.

Des Weiteren möchte ich den fleissigen Korrekturlesern meiner Arbeit danken.

7. Eigenständigkeitserklärung

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

8. Anhang

Sachwörterverzeichnis

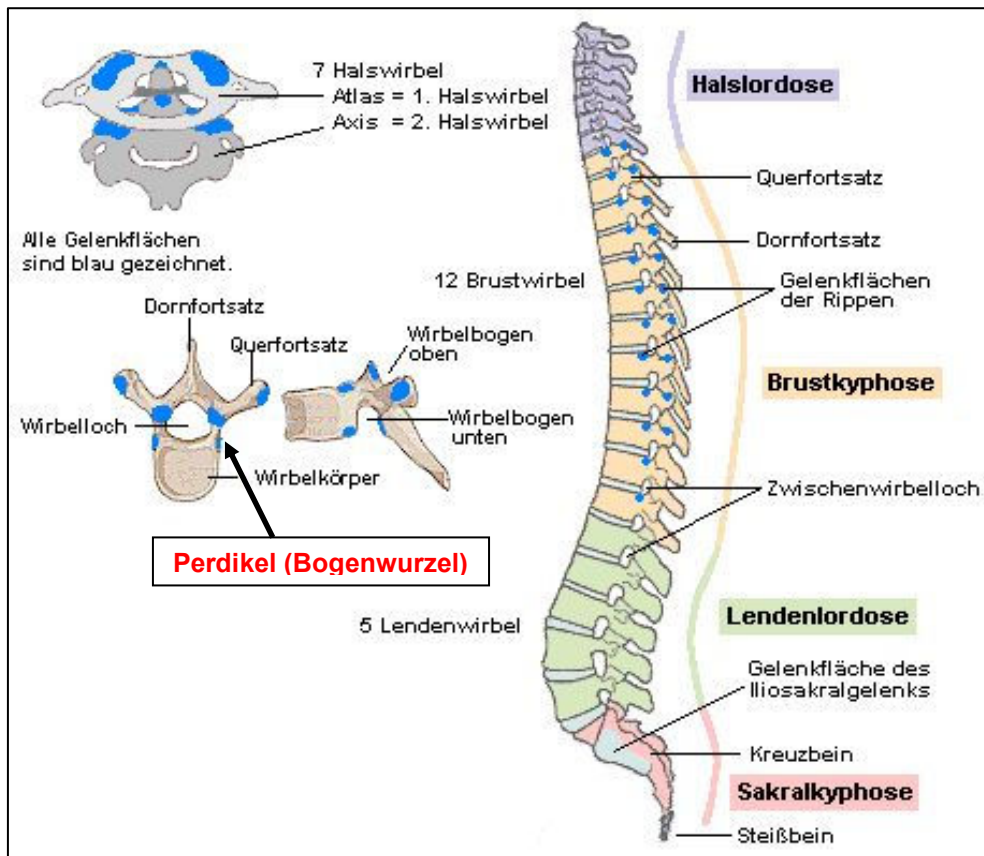
adoleszent	im Jugendalter auftretend
Agonist	Muskel, der eine bestimmte Bewegung verursacht
Aminosäure	körper eigenes Protein
Angle of trunk rotation	Winkel der Rumpfrotation
Antagonist	Muskel, der eine gegenläufige Bewegung zum Agonisten verursacht
anterior	von vorne
Apophyse	Knochenfortsatz
Atrophie	Abnahme der Muskelmasse, Schwäche
Crista iliaca	Beckenkamm
Detonisierung	mindern der Muskelspannung
Discus vertebralis	Bandscheibe
dorsal	zum Rücken liegend
Drop-out	Ausstiegsrate
Epiphysenfuge	Wachstumsfuge am Handgelenk
exzentrisch	gegen die Schwerkraft bremsend arbeitend
Flexion	Beugung (bei der Wirbelsäule das runtmachen“)
Follow-up	Nachuntersuchung
Hyperlordosierung	übermässige Beugung der Wirbelsäule(übermässiges Hohlkreuz)
Hypertonus	erhöhte Muskelspannung
Hypertrophie	Zunahme
Hypotonus	Muskelspannung unterhalb der Norm
idiopathisch	ohne bekannte Ursache
Ileum	Darmbein
isometrisch	Muskelarbeit ohne Bewegung
kaudal	fusswärts liegend
konkav	ausgehöhlt, eingewölbt
Konkavität	zur gewölbten Seite hin
konvex	gewölbt, gerundet
konzentrisch	gegen die Schwerkraft arbeitend
kranial	kopfwärts liegend
Kyphose	leichte Buckelbildung der Wirbelsäule
Kyphotisierung	Buckelbildung
lateral	aussen
Lateralflexion	Seitneigung
Lean Body Weigth	Körpergewicht minus Körperfettanteil
medial	zur Mitte hin
muskuläre Dysbalance	muskuläres Ungleichgewicht
paravertebral	um die Wirbelsäule herumliegend
Perdikel	Bogenwurzel des Wirbelbogens
posterior	von hinten
Progredienz	Voranschreiten
Progression	Fortschritt
Range of Motion	ganzes Bewegungsausmass

Restest	Nachuntersuchung
Rotation	Drehung
Scapula	Schulterblatt
Spondylodese	Stabilisierung
stagnieren	nicht fortschreiten
Statik	Stellung der Gelenke/Körperabschnitte zueinander
synthetisieren	verdingen
thorakal	die Brustwirbelsäule betreffend
Translation	Parallelverschiebung
ventral	zum Bauch liegend
vestibulär	den Gleichgewichtssinn betreffend

Abkürzungsverzeichnis

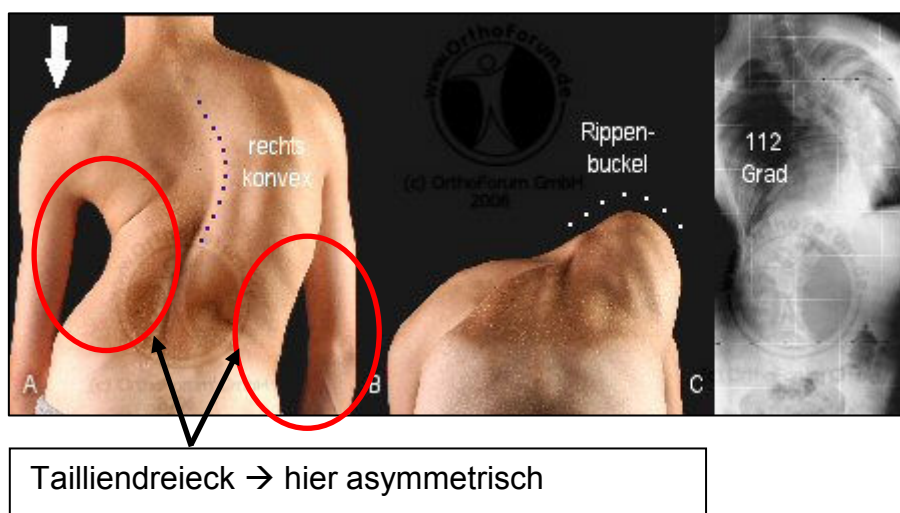
AIS	adoleszente, idiopathische Skoliose
ATR	Angle of trunk rotation (Grad der Wirbelrotation)
BWS	Brustwirbelsäule
CDI	Cotrel-Dubousset-Instrumentation
HZI	Halm-Zielke-Instrumentation
LBW	Lean Body Weigth
LWS	Lendenwirbelsäule
ROM	Range of Motion (ganzes Bewegungsausmass eines Gelenkes)
TLÜ	thorakolumbaler Übergang
VDS	ventrale Derotationsspondylodese
WH	Wiederholungen

Aufbau der Wirbelsäule und der Wirbelkörper



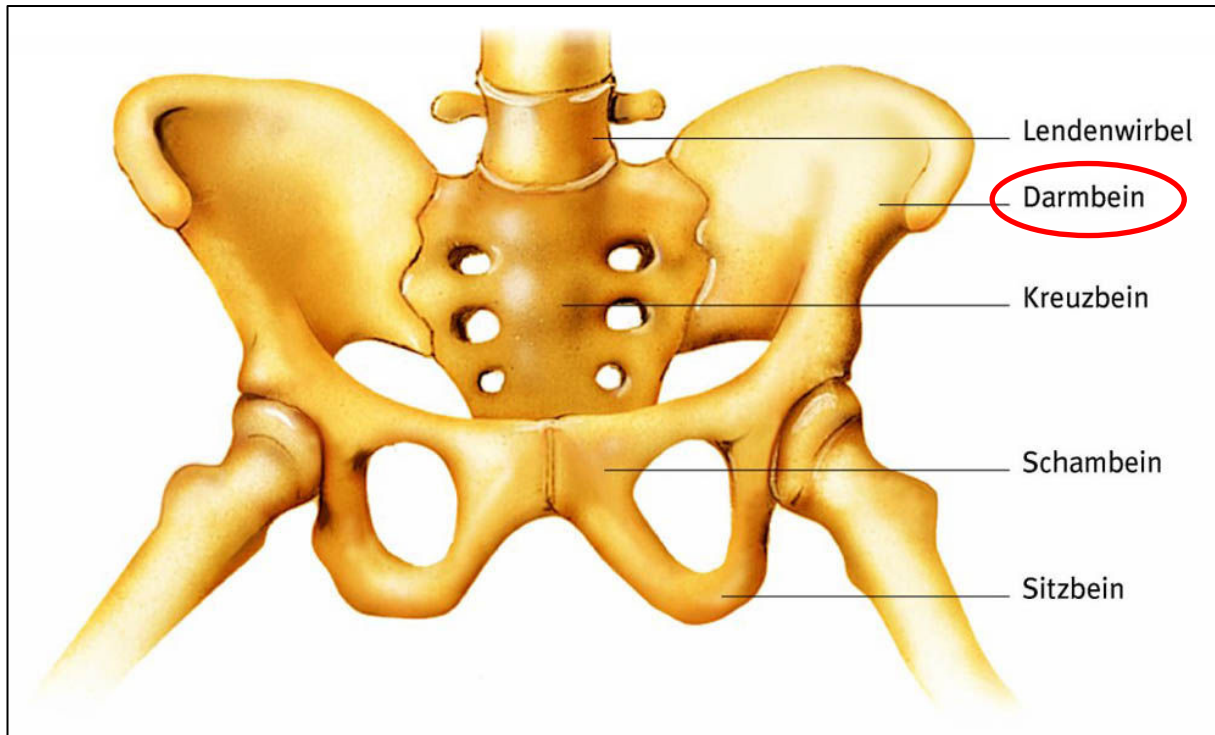
Wehner, J. *Wirbelsäule und Wirbelkörper* [On-Line]. Available: <http://www.medizinfo.de/rheuma/anatomie/wbs.htm> (05.05.2009).

Taillienfreieck



Liljenqvist, U. (2009). *Skoliose* [On-Line]. Available: <http://www.orthoforum.de/2279/Skoliose> (05.05.2009).

Aufbau des Beckens



Nowak, M. (2009). *Becken* [On-Line]. Available: <http://www.jameda.de/gesundheitslexikon/becken> (05.05.2009).