

Aus der Klinik für Orthopädie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Rüdiger Krauspe

Analyse von Progressionsfaktoren und  
ätiologischen Parametern der  
adoleszenten idiopathischen Skoliose:  
Wie viele Stunden muss das  
Korsett täglich getragen werden?

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Paula Elisabeth Hieronymus

2019

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Rüdiger Krauspe

Zweitgutachter: PD Dr. med. Thomas Beez

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Konieczny, M.R., Hieronymus, P., Krauspe, R., (2017), Time in brace: where are the limits and how can we improve compliance and reduce negative psychosocial impact in patients with scoliosis? A retrospective analysis. *The Spine-Journal*, Jahrgang 17, Heftnummer 11, Seite 1658–1664 (Konieczny et al. 2017).

## Zusammenfassung (deutsch)

Laut aktuellen Leitlinien wird bei der moderaten adoleszenten idiopathischen Skoliose (AIS) eine Korsetttherapie von 23 Stunden Korsetttragezeit pro Tag (mindestens 18h/Tag) empfohlen. Dies wird von den Patienten als sehr belastend empfunden, weshalb die Compliance bezüglich der Korsetttherapie zwischen 27% und 47% liegt. Eine hohe Compliance korreliert jedoch mit einer niedrigeren Progressionsrate. Je höher also die verordnete Korsetttragezeit ist, desto niedriger ist die Compliance.

Die Entwicklung und die Progression einer AIS sind durch inzwischen teilweise bekannte genetische Faktoren bedingt. Die Rolle von weiteren Faktoren ist noch nicht geklärt. Für das Sportniveau und das Alter bei der Menarche gibt es Hinweise auf einen Einfluss auf die Progression. Zum Raucherstatus der Eltern existieren noch keine uns bekannten Untersuchungen.

Lässt sich die aktuell empfohlene Tragezeit von 23 Stunden pro Tag auf 16 Stunden reduzieren, ohne dass sich die Progression der Skoliose verschlechtert? Beeinflussen Sportstunden pro Woche, mütterliches Alter bei Geburt der Patienten, Raucherstatus der Eltern der Patienten, BMI bei Skelettreife, durchschnittliches Alter bei der Menarche, Häufigkeit an Eigenübungen pro Woche, Bildungsstand der Eltern und Patienten, Familienanamnese, Ernährungsform oder die Art des Tragens der Schultasche das Entstehen und/oder die Progression einer AIS?

In einer retrospektiven Studie untersuchten wir Patienten mit AIS, einem Cobb Winkel  $>20^\circ$ , einem Risser Stadium  $\leq 3$  und einem Untersuchungszeitraum von mindestens 2 Jahren, welche sich von Oktober 2010 bis Juni 2013 in unserer Skoliosesprechstunde vorstellten. Zweiundsiebzig Patienten wurden inkludiert. Einundsechzig weibliche und 11 männliche Patienten.

Wir teilten die Patienten in 3 Gruppen ein: Gruppe 1 ( $<12$ h Tragezeit pro Tag; Zuteilung von 28 Patienten), Gruppe 2 (12-16h Tragezeit; Zuteilung von 13 Patienten) und Gruppe 3 ( $>16$ h Tragezeit pro Tag; Zuteilung von 25 Patienten), und verglichen sie auf Unterschiede bezüglich der Progression der Skoliose. Kriterien zur Gruppeneinteilung waren die Tagesabläufe der schulpflichtigen Adoleszenten in Deutschland. Außerdem verglichen wir das mütterliche Alter bei Geburt der Patienten sowie den Raucherstatus der Eltern der Patienten mit Kontrollgruppen, um den Einfluss auf die Ätiologie zu prüfen. Wir untersuchten die Sportzeit pro Woche, den BMI der Patienten, den Raucherstatus der Eltern, das mütterliche Alter bei Geburt der Patienten, das Alter bei Menarche, den initialen Cobb Winkel, die Häufigkeit an Eigenübungen pro Woche, den Bildungsstand der Eltern und Patienten, die Familienanamnese, die Ernährungsform und die Art der Schultasche in Bezug zur Progression der AIS.

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 ( $p < 0,05$ ), wobei kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 2 und 3 bestand ( $p > 0,05$ ). Es rauchten signifikant mehr Eltern unserer AIS - Patienten als in der Normalbevölkerung ( $p < 0,05$ ). Alle übrigen untersuchten Faktoren zeigten weder einen Einfluss auf die Entstehung noch auf die Progression der Skoliose.

Eine Korsetttragezeit von 12 bis 16 Stunden führte nicht zu einer höheren Progressionsrate der AIS, als eine Tragezeit von über 16 Stunden. Rauchen der Eltern ist ein möglicher Risikofaktor für die Prävalenz einer AIS und sollte weiter untersucht werden. Es konnte allerdings kein Einfluss dieses Faktors auf die Progression der Skoliose festgestellt werden.

## Zusammenfassung (englisch)

According to current guidelines, brace treatment is recommended for moderate adolescent idiopathic scoliosis (AIS) for 23 hours per day of brace wear (at least 18h/ day). This is perceived as very stressful by the patients, explaining how the compliance of brace therapy between 27% and 47%. On the other hand high compliance correlates with low progression rates. However, the higher the prescribed time in brace, the lower the compliance.

The development and progression of an AIS are caused by genetic factors, some of which are now known. The role of other factors is not yet clear. There are indications of an impact on progression for the sport level and age at Menarche. For smoker status of the parents there are no reported data.

Can the currently recommended time in brace be reduced from 23 hours a day to 16 hours without risk of higher progression rates? Do hours of sports per week, maternal age at birth, smoker status of the patient's parents, BMI at skeletal maturity, average age at the menarche, frequency of self-exercise per week, parent and patient education, family history, diet and/or the way the patients wear their schoolbag influence the progression of an AIS?

In a retrospective study, we examined patients with AIS, a Cobb angle  $>20^\circ$ , a Risser stage  $\leq 3$  and a study period of at least 2 years, who were presented to our department from October 2010 to June 2013 in our scoliosis clinic. Seventytwo patients were included, 61 female and 11 male.

We divided the patients into 3 groups: Group 1 ( $<12$ h brace wear per day, 28 patients), Group 2 (12-16h brace wear per day, 13 patients) and Group 3 ( $>16$ h brace wear per day, 25 patients) and compared them for differences in the progression of scoliosis. Criteria for the division were the daily routine of the patients. We also analysed the maternal age at birth of the patients and the smoking status of the parents of patients with control groups to examine the influence on the aetiology.

We examined the exercise time per week, the BMI of the patients, the smoker status of the parents, the maternal age at birth of the patients, the age at menarche, the initial Cobb angle, the frequency of exercises per week, the educational level of the parents and patients Family history, diet and type of schoolbag in relation to the progression of AIS

There was a significant difference between groups 1, 2 and 3 ( $p < 0.05$ ), with no significant difference between groups 2 and 3 ( $p > 0.05$ ). Significantly more parents of our AIS patients smoked than in the normal population ( $p < 0.05$ ). All other factors tested did not affect the development or the progression of scoliosis.

A brace wear time of 12 to 16 hours did not lead to a higher progression rate of the AIS, as a wearing time of over 16 hours in this study group. Smoking of parents is a potential risk factor for the prevalence of AIS and should be further investigated. However, no influence of this factor on the progression of the curve was found.

## Abkürzungsverzeichnis

ADL:	Aktivitäten des täglichen Lebens
AIS:	adoleszente idiopathische Skoliose
AIS-PT:	AIS-Prognostic-Test
BWK:	Brustwirbelkörper
CSVL:	Center sacral vertical line
d:	Tag
HWK:	Halswirbelkörper
lat.:	lateral
LWK:	Lendenwirbelkörper
p.a.:	posterior anterior
PACS:	Picture Archiving and Communication System
SD:	Standard Deviation (englisch) = Standard Abweichung
SEAS:	Scientific Exercise Approach to Scoliosis
SNP:	Single Nucleotid Polymorphisms
SOSORT:	International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment
SPSS:	Statistical Package for the Social Sciences
SRS:	Scoliosis Research Society
SWK:	Sakralwirbelkörper
TK:	Thorakale Kyphose
TLSO:	thorako-lumbo-sakrale Orthese
UKD:	Universitätsklinikum Düsseldorf

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung (deutsch) .....</b>	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung (englisch).....</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Definition und historische Einordnung der Skoliose .....	1
1.2. Klassifikationen .....	1
1.2.1. Einteilung nach der Ätiologie .....	1
1.2.2. Einteilung nach der Lokalisation .....	3
1.2.3. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach dem Winkelausmaß.....	3
1.2.4. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach dem Erkrankungsbeginn .....	3
1.2.5. Klassifikation der idiopathischen Skoliose nach King .....	4
1.2.6. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach Lenke .....	5
1.3. Epidemiologie der adoleszenten idiopathischen Skoliose .....	6
1.4. Natürlicher Krankheitsverlauf .....	7
1.4.1. Rückenschmerz .....	7
1.4.2. Psychologische Beeinträchtigung .....	7
1.4.3. Kardiopulmonale Komplikationen .....	8
1.4.4. Mortalität.....	9
1.5. Diagnostik .....	9
1.5.1. Klinik.....	9
1.5.2. Bildgebung .....	11
1.5.2.1. Messung der Seitkrümmung in der Frontalebene .....	11

---

1.5.2.2. Bestimmung der Skelettreife .....	13
1.5.2.3. Thorakales Sagittales Profil .....	14
1.5.2.4. Spinopelvine Balance .....	15
1.5.2.5. Bending-Aufnahmen .....	15
1.6. Therapie .....	15
1.6.1. Therapieziele .....	16
1.6.2. Konservative Therapiemöglichkeiten .....	17
1.6.2.1. Physiotherapie .....	17
1.6.2.2. Korsetttherapie .....	18
1.6.2.2.1. Korsetttragezeit .....	19
1.6.2.2.2. Compliance mit der verordneten Korsetttragezeit .....	20
1.6.2.2.3. Korsett Modelle .....	20
1.6.3. Operative Therapie .....	22
1.7. Progressionsfaktoren .....	23
1.7.1. Ausmaß der Kurve .....	24
1.7.2. Geschlecht .....	24
1.7.3. Alter des Patienten .....	25
1.7.4. Körperliche Reife .....	25
1.7.5. Lokalisation der Kurve .....	26
1.8. Ziele der Arbeit .....	26
<b>2. Material und Methoden .....</b>	<b>28</b>
2.1. Eigenschaften der Studie .....	28
2.2. Patientenauswahl .....	28
2.3. Therapieschema der orthopädischen Klinik des UKD .....	29
2.3.1. Fallbeispiele .....	30
2.3.1.1. Fallbeispiel 1 .....	30
2.3.1.2. Fallbeispiel 2 .....	31
2.3.1.3. Fallbeispiel 3 .....	32

---

2.3.1.4. Fallbeispiel 4.....	32
2.4. Klinische Datengewinnung.....	33
2.5. Telefonische Datengewinnung.....	37
2.6. Radiologische Datengewinnung.....	37
2.6.1. Messung der seitlichen Wirbelsäulenverkrümmung.....	37
2.6.2. Bestimmung der Skelettreife.....	38
2.6.3. Messung des thorakalen sagittalen Profils.....	39
2.6.4. Messung des Sacral Slope.....	39
2.7. Einteilung der Patienten in Gruppen und statistische Methoden...	39
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>43</b>
3.1. Deskriptive Daten.....	43
3.1.1. Demographische Daten des Patientenkollektivs.....	43
3.1.2. Vorstellungen in der Wirbelsäulensprechstunde.....	44
3.1.3. Auswertung der Cobb-Winkel.....	44
3.1.4. Ergebnisse der klinischen Untersuchung der Skoliose.....	45
3.1.5. Korsetttherapie.....	45
3.1.6. Sportverhalten und physiotherapeutische Eigenübungen.....	47
3.1.7. Familienanamnese, Bildungsgrad und Lebensgewohnheiten/Lebensstil.....	48
3.2. Statistische Auswertung.....	49
3.2.1. Korsetttragezeit.....	49
3.2.2. Raucherstatus der Eltern.....	49
3.2.1. Alter der Mutter bei der Geburt des Kindes.....	50
3.2.4. Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule und Sportniveau..	50
3.2.5. BMI.....	50
3.2.6. Andere Faktoren.....	50
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>52</b>
4.1. Korsetttragezeit und Compliance.....	52

---

4.2. Progression der Skoliose .....	55
4.3. Raucherstatus der Eltern .....	55
4.4. Alter der Mutter bei Geburt des Kindes .....	56
4.5. Alter bei Menarche .....	56
4.6. Stunden Sport pro Woche außerhalb der Schule .....	57
4.7. Andere Faktoren .....	59
4.7.1. Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose .....	59
4.7.2. Eigenübungen pro Woche .....	59
4.7.3. BMI bei Skelettreife .....	60
4.8. Qualitätsmerkmale dieser Studie .....	60
4.9. Limitationen dieser Studie .....	61
4.10. Schlussfolgerungen und Ausblick .....	62
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>64</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>.....</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Klassifikation nach King et al.; modifiziert nach King et al. (King et al. 1983).....	5
Abb. 2: Zusammenfassung der nötigen Kriterien zur Kurvenklassifikation nach Lenke et al. (Lenke et al. 2001).....	6
Abb. 3: Thoraxschnitt einer rechtskonvexen thorakalen Skoliose aus Schulte et al. (Schulte et al. 2011).....	10
Abb. 4: Thorakalskoliose mit deutlichem Rippenbuckel und angedeutetem Lendenwulst a: Betrachtung im Stand von dorsal; b: Vorbeugetest.....	11
Abb. 5: Messung der Seitenausbiegung nach Cobb; modifiziert aus Reiser et al. (Reiser et al. 2011).....	12
Abb. 6: Beispielhaft Risserstadium I, III und V.; modifiziert aus Reiser et al. (Reiser et al. 2011). .....	14
Abb. 7: Messung des Brustkyphosewinkels nach Cobb. Schematische Darstellung. ....	14
Abb. 8: Messung der Sakrumkipfung = Sacral Slope. Schematische Darstellung. ....	15
Abb. 9: Anfertigung eines Cheneau-Korsetts. a: Ausgießen der Negativform; b: Bearbeitung der Positivform; c: Feinanpassung der Positivform mittels Auftragen von Gips.....	21
Abb. 10: Fertiges Cheneau-Korsett. a: Ansicht von ventral; b: Ansicht von rechts lateral; c: Ansicht von cranial mit sichtbarer derotierender Pelottenposition .....	21
Abb. 11: 12 Jährige Patientin in ihrem Cheneau-Korsett a-d: Ansicht von ventral, links lateral, dorsal, rechts lateral .....	22
Abb. 12a: Erste Röntgenuntersuchung; b: Röntgenkontrolle im Korsett 2 Monate nach erster Röntgenkontrolle; c: 8 Monate nach erster Röntgenkontrolle; d: 15 Monate nach erster Röntgenkontrolle; e: 26 Monate nach erster Röntgenkontrolle .....	30
Abb. 13a: Erste Röntgenuntersuchung; b: Röntgenkontrolle im Korsett 1 Monat nach erster Röntgenkontrolle; c: 10 Monate nach erster Röntgenkontrolle; d: 20 Monate nach erster Röntgenkontrolle .....	31
Abb. 14a: Erste Röntgenuntersuchung im Korsett, 12-jährige Patientin; b: Röntgenuntersuchung im Korsett, 13-jährige Patientin; c: Röntgenuntersuchung	

---

mit 13,5 Jahren; d: Röntgenuntersuchung mit 14 Jahren; e: Röntgenuntersuchung mit 15,5 Jahren .....	32
Abb. 15a: Erste Röntgenuntersuchung; b: 2. Vorstellung 5 Jahre nach Erstvorstellung; c: 6 Jahre nach erster Röntgenkontrolle; d: postoperativ p.a. ....	33
Abb. 16: Beispiel zur Anwendung der 4-Strich-Methode. 11-jährige Patientin bei der Erstvorstellung. 1 Jahr nach der Menarche. Cobb Winkel von $42^\circ$ . ....	38
Abb. 17: Beispiel zur Bestimmung der Skelettreife nach Risser. Die Beckenkämme sind hier randständig abgeschnitten. Die Einstufung in das Risser-Stadium II jedoch möglich. ....	38
Abb. 18: Ergebnisse der klinischen Untersuchung. Von einem Schulterhochstand spricht man, wenn die Schulter auf der einen Seite höher steht, als auf der anderen. Ein Beckenschiefstand bedeutet, dass das Becken im Stand auf beiden Beinen nicht waagrecht steht. ....	45
Abb. 19: Situationen, in welchen das Korsett getragen wurde .....	46
Abb. 20: Häufigkeit der Eigenübungen pro Woche .....	48
Abb. 21a: Allgemeine Gleichung zur Errechnung der tatsächlichen Korsetttragezeit; b: Anwendung der Gleichung in dieser Studie; c: Anwendung der Gleichung bei O'Neill et al (O'Neill et al. 2005) .....	54

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: <b>Ursachen der Skoliose</b> ; modifiziert nach Niethard et al. (Niethard 2010).....	3
Tabelle 2: <b>SRS Einteilung nach Lokalisation</b> (Lenke L. 2010).....	3
Tabelle 3: <b>Einmalig erhobene Daten</b> .....	35
Tabelle 4: <b>Im Rahmen jeder Vorstellung erhobene Daten</b> .....	36
Tabelle 5: <b>Gruppeneinteilung nach Korsetttragezeit</b> .....	39
Tabelle 6: <b>Entstehungsmöglichkeiten zur Gruppenzuordnung zu den Gruppen 1, 2 und 3</b> .....	41
Tabelle 7: <b>Gruppeneinteilung nach Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule</b> .....	41
Tabelle 8: <b>Demographische Daten</b> .....	44
Tabelle 9: <b>Gruppeneinteilung nach Korsetttragezeit und Patienten mit einer Progression der Skoliose um <math>\geq 5^\circ</math></b> (Koniczny et al. 2017).....	46
Tabelle 10: <b>Korsetttherapie deskriptive Daten</b> .....	47

## 1. Einleitung

### 1.1. Definition und historische Einordnung der Skoliose

Der Terminus Skoliose stammt von dem griechischen Wort „skolios“ und bedeutet krumm oder gebogen. Bereits Hippokrates (460 – 370 v. Chr.) beschrieb in seinen Schriften das Krankheitsbild der Skoliose. Galen (129-199 n. Chr.) belegte das Wort Skoliose erstmals mit der Bedeutung der seitlichen Wirbelsäulenverkrümmung.

Eine Skoliose ist definiert als eine Deformität der Wirbelsäule mit fixierter Seitverkrümmung, kombiniert mit einer Rotation der Wirbelsäule mit Torsion der Wirbelkörper (Niethard 2010).

### 1.2. Klassifikationen

Das Krankheitsbild der Skoliose lässt sich durch verschiedene Kriterien einteilen. Der folgende Abschnitt zeigt eine Übersicht über gängige Klassifikationen.

#### 1.2.1. Einteilung nach der Ätiologie

Das Krankheitsbild der Skoliose kann durch unterschiedliche Faktoren verursacht werden, welche in Tabelle 1 zusammengefasst sind. Dabei werden grundsätzlich strukturelle Skoliosen, d.h. Skoliosen, die sich durch eine Teilfixation der Wirbelsäulenkrümmung auszeichnen, von statischen Skoliosen, auch „Skoliotische Fehlhaltungen“ genannt, unterschieden werden. Die Ursache der statischen Skoliosen liegt meist in Beinlängendifferenzen, Beckenschiefstand oder Schonhaltungen durch Schmerzen. Bei dieser Form sind die Wirbel nicht abnorm geformt und die Krümmung lässt sich z.B. durch Ausgleich der Beinlängendifferenz oder durch Liegen des Patienten korrigieren (Leatherman und Dickson 1988; Moe und Lonstein 1995).

Den Hauptanteil der Fälle bildet mit ca. 85% die idiopathische Skoliose (Niethard 2010). Diese ist nach der *Scoliosis Research Society* (SRS) radiologisch definiert als eine seitliche Wirbelsäulenverkrümmung von mindestens 10° mit Rotation und

unbekannter Ursache der Störung (*Scoliosis Research Society (SRS) 2016a*). 97% der Patienten mit AIS haben Verwandte mit AIS (Ogilvie et al. 2006). Die genetische Prädisposition beeinflusst die Inzidenz (Wynne-Davies 1968; Sharma et al. 2011; Ward et al. 2010) und die Progression (Ward et al. 2010) von AIS. Dies lässt eine genetische Ursache der AIS vermuten. Grivas et al. berichten über eine negative Korrelation zwischen mütterlichem Alter bei Geburt des Patienten und der Prävalenz von Skoliosen bei Jungen (Grivas et al. 2006).

Nach der SRS gibt es verschiedenste weitere Theorien (z.B. hormonelle Imbalance, asymmetrisches Wachstum und muskuläre Imbalance) über die Entstehung der AIS, von denen aber bis heute keine nachhaltig belegt werden konnte (*Scoliosis Research Society (SRS) 2016a*).

	<b>Ursachsäbliche Störung</b>
<b>Idiopathisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unbekannt</li> </ul>
<b>Kongenital</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirbelfehlbildungen</li> </ul>
<b>Neurogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentral <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infantile Zerebralparese</li> <li>- Spinozerebrale Degeneration</li> <li>- Friedreich Ataxie</li> <li>- Syringomyelie</li> </ul> </li> <li>• Motorisches Neuron <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poliomyelitis</li> <li>- Spinale Muskelatrophie</li> <li>- Muskelatrophie</li> </ul> </li> </ul>
<b>Myogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duchenne-Muskeldystrophie</li> <li>• Kongenitale Muskeldystrophie</li> <li>• Muskelatrophie</li> </ul>
<b>Bei Systemerkrankungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neurofibromatose</li> <li>• Osteogenesis imperfecta</li> <li>• Marfan-Syndrom</li> <li>• Mukopolysaccharidosen</li> <li>• Achondroplasie</li> <li>• Spondyloepiphysäre Dysplasie</li> </ul>
<b>Radiogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestrahlung der Wirbelkörperwachstumsfugen (z.B. Wilms-Tumor)</li> </ul>
<b>Statisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beinlängendifferenz</li> <li>• Beckenschiefstand</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hysterisch</li> </ul>
<b>Sonstiges</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posttraumatisch</li> <li>• neoplastisch</li> <li>• metabolisch</li> </ul>

*Tabelle 1: Ursachen der Skoliose; modifiziert nach Niethard et al. (Niethard 2010)*

### 1.2.2. Einteilung nach der Lokalisation

Die SRS definiert eine weitere Einteilung der Skoliosen nach Lokalisation des Scheitelwirbels der Krümmung.

Skoliosetyp	Scheitelwirbel
<b>Cervikal</b>	HWK 1 - HWK 6-7
<b>Cervikothorakal</b>	HWK 7, BWK 1 oder HWK 7-BWK 1
<b>Thorakal</b>	BWK 2 – BWK 11-12
<b>Thokakolumal</b>	BWK 12, LWK 1 oder BWK 12-LWK 1
<b>Lumbal</b>	LWK 1-2 – LWK 4-5
<b>Lumbosakral</b>	LWK 5 oder unter LWK 5

*Tabelle 2: SRS Einteilung nach Lokalisation (Lenke L. 2010)*

### 1.2.3. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach dem Winkelausmaß

Nach dem Winkelausmaß können idiopathische Skoliosen in leicht (Cobb-Winkel von 10-20°), moderat (Cobb-Winkel von 20-40°) und schwer (Cobb-Winkel von >40°) eingeteilt werden (Negrini et al. 2012).

### 1.2.4. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach dem Erkrankungsbeginn

Die Klassifikation der idiopathischen Skoliose nach dem Erkrankungsbeginn ermöglicht eine grobe Abschätzung der Kurvenprogression und der Therapiemöglichkeiten (Kim et al. 2009). Man unterscheidet infantile (0-3. Lebensjahr), juvenile (4.-10. Lebensjahr) und adoleszente (10.-18. Lebensjahr) idiopathische Skoliosen (JAMES 1954; *Scoliosis Research Society (SRS) 2016a-*

c). Der genaue Zeitpunkt des Erkrankungsbeginns kann bei Diagnosestellung unter Umständen schwierig zu bestimmen sein, weshalb heute eine vereinfachte Einteilung in Early-onset- (vor dem 5. Lebensjahr auftretend) und Late-onset- (nach dem 5. Lebensjahr auftretend) Skoliose bevorzugt wird (Kim et al. 2009; Soucacos et al. 1998; Stirling et al. 1996).

### **1.2.5. Klassifikation der idiopathischen Skoliose nach King**

Die Klassifikation nach King et al. (King et al. 1983) wurde zur Planung der Fusionslänge mit dem Harrington Instrumentarium entwickelt. Sie beschreibt fünf Krümmungstypen der thorakalen Skoliosen und wird am Röntgenbild der gesamten Wirbelsäule im p.a. Strahlengang bestimmt.

Typ I: S-förmige Kurve in welcher die thorakale und die lumbale Kurve die Mittellinie kreuzen. Im p.a. Röntgenbild stehend, ist die lumbale Kurve größer als die thorakale. In den Bendingaufnahmen ist die thorakale Korrektur größer, als die lumbale Korrektur.

Typ II: S-förmige Kurve, in welcher die thorakale und die lumbale Kurve die Mittellinie kreuzen. Die thorakale Kurve ist größer als die lumbale. In den Bendingaufnahmen ist die lumbale Korrektur größer, als die thorakale Korrektur.

Typ III: Thorakale Hauptkurve mit lumbaler Nebenkurve. Lumbale Kurve kreuzt nicht die Mittellinie.

Typ IV: Lange thorakale Kurve, in welcher LWK5 zentral über dem Sacrum liegt und LWK4 sich in die thorakale Kurve neigt.

Typ V: Doppelte thorakale Kurve. BWK1 ist in die Konvexität der oberen Kurve geneigt. In der Bendingaufnahme ist die obere Kurve strukturell.

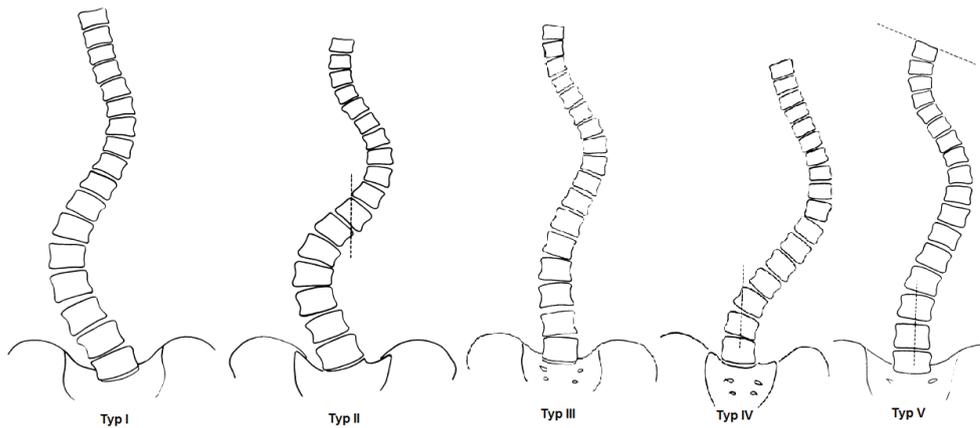


Abb. 1: Klassifikation nach King et al.; modifiziert nach King et al. (King et al. 1983)

### 1.2.6. Einteilung der idiopathischen Skoliose nach Lenke

Die neuere Klassifikation nach Lenke et al. (Lenke et al. 2001) erweitert die Unterteilung es unter anderem durch Berücksichtigung des sagittalen Profils und der Flexibilität der Krümmung (mit Einteilung in strukturelle und nicht strukturelle Kurven) eine daher exaktere Klassifikation von Skoliosen. Diese Klassifizierung basiert auf Wirbelsäulenganzaufnahmen in zwei Ebenen und Bending-Aufnahmen der Wirbelsäule.

Dieses Klassifikationssystem implementiert drei Elemente:

1. Im Kurventyp (1-6) wird in der Wirbelsäulenganzaufnahme im p.a. Strahlengang zwischen strukturellen und statischen Kurven der proximalen thorakalen, thorakalen, thorakolumbalen und lumbalen Wirbelsäule unterschieden.
2. Die lumbale Abweichung = Lumbar Spine Modifier (A-C) beruht auf der Beziehung zwischen einer senkrechten Linie zur Horizontalen über der Mitte des Kreuzbeins (Center sacral vertical line = CSVL) und der Lage des Scheitelwirbels der lumbalen Krümmung. Hierbei wird der Wirbel, der durch die CSVL in nahezu gleiche Anteile geteilt wird, als stabiler Wirbelkörper bezeichnet.
3. Der sagittale Parameter = Sagittal Thoracic Modifier (-, N oder +) beruht auf der Messung der Kyphose der Brustwirbelsäule. Gemessen wird vom fünften bis zum zwölften BWK.

Curve Type				
Type	Proximal Thoracic	Main Thoracic	Thoracolumbar / Lumbar	Curve Type
1	Non-Structural	Structural (Major*)	Non-Structural	Main Thoracic (MT)
2	Structural	Structural (Major*)	Non-Structural	Double Thoracic (DT)
3	Non-Structural	Structural (Major*)	Structural	Double Major (DM)
4	Structural	Structural (Major*)	Structural	Triple Major (TM)
5	Non-Structural	Non-Structural	Structural (Major*)	Thoracolumbar / Lumbar (TL/L)
6	Non-Structural	Structural	Structural (Major*)	Thoracolumbar / Lumbar - Main Thoracic (TL/L - MT)

\*Major = Largest Cobb Measurement, always structural  
Minor = all other curves with structural criteria applied

**STRUCTURAL CRITERIA**  
(Minor Curves)

**Proximal Thoracic:** - Side Bending Cobb  $\geq 25^\circ$   
- T2 - T5 Kyphosis  $\geq +20^\circ$

**Main Thoracic:** - Side Bending Cobb  $\geq 25^\circ$   
- T10 - L2 Kyphosis  $\geq +20^\circ$

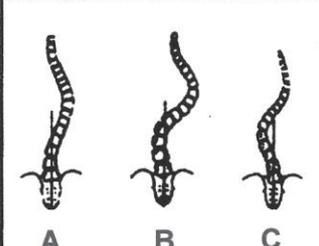
**Thoracolumbar / Lumbar:** - Side Bending Cobb  $\geq 25^\circ$   
- T10 - L2 Kyphosis  $\geq +20^\circ$

**LOCATION OF APEX**  
(SRS definition)

CURVE	APEX
THORACIC	T2 - T11-12 DISC
THORACOLUMBAR	T12 - L1
LUMBAR	L1-2 DISC - L4

**Modifiers**

Lumbar Spine Modifier	CSVL to Lumbar Apex		Thoracic Sagittal Profile T5 - T12	
A	CSVL Between Pedicles	A	- (Hypo)	< 10°
B	CSVL Touches Apical Body(ies)	B	N (Normal)	10°- 40°
C	CSVL Completely Medial	C	+ (Hyper)	> 40°

Curve Type (1-6) + Lumbar Spine Modifier (A, B, or C) + Thoracic Sagittal Modifier ( -, N, or +)  
**Classification (e.g. 1B+): \_\_\_\_\_**

Abb. 2: Zusammenfassung der nötigen Kriterien zur Kurvenklassifikation nach Lenke et al. (Lenke et al. 2001)

### 1.3. Epidemiologie der adoleszenten idiopathischen Skoliose

Die geschlechterunabhängige Prävalenz der AIS liegt bei 0,47-5,2% (Cilli et al. 2009; Daruwalla et al. 1985; Kamtsiuris et al. 2007; Konieczny et al. 2013; Nery et al. 2010; Soucacos et al. 1997; Suh et al. 2011; Wong et al. 2005).

Das weibliche Geschlecht ist mit einem Verhältnis von 1,5:1 bis 3:1 (Daruwalla et al. 1985; Kamtsiuris et al. 2007) deutlich häufiger betroffen als das männliche. Höhergradige Kurven sind bei Mädchen noch häufiger als bei Jungen. Bei einem Cobb-Winkel  $>40^\circ$  liegt die Ratio weiblich zu männlich bei 7,2:1 (Daruwalla et al. 1985; Suh et al. 2011; Lonstein et al. 1982; Rogala et al. 1978; Konieczny et al. 2013).

## **1.4. Natürlicher Krankheitsverlauf**

Die häufigsten Krankheitsfolgen von unbehandelter AIS sind Kurvenprogression, Rückenschmerz, psychologische Beeinträchtigung und kardiopulmonale Probleme (Weinstein et al. 2008). Diese werden in den folgenden Abschnitten ausführlicher beschrieben. Ab einem Cobb-Winkel  $>40^\circ$  findet auch nach Wachstumsabschluss eine signifikante Progression statt (Bjerkreim und Hassan 1982). Je jünger und körperlich unreifer die Patienten bei der Erstvorstellung sind (Ascani et al. 1986; Weinstein und Ponseti 1983; Bunnell 1986; Lonstein und Carlson 1984) und je größer der Cobb-Winkel bei der Erstvorstellung ist (Bunnell 1986), desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für eine deutliche Kurvenprogression.

### **1.4.1. Rückenschmerz**

Der Rückenschmerz kann eine Spätfolge der AIS im Erwachsenenalter sein (Schwab et al. 2003). In einer Follow-Up-Studie über 50 Jahre wurde ein überdurchschnittliches Vorkommen von chronischem Rückenschmerz bei Skoliosepatienten festgestellt (Weinstein et al. 2003). Adoleszente Patienten berichten allerdings selten über Schmerzen (Agabegi et al. 2015). Es ist schwierig zu erörtern, ob die Schmerzursache bei Erwachsenen in der sich degenerativ veränderten AIS oder einer neu entstandenen degenerativen Kurve liegt. Die Schmerzen können durch eine Wirbelsäulenimbalance, Facettengelenksatrophie, muskuläre Ermüdung oder eine zentrale Foramenstenose ausgelöst werden (Agabegi et al. 2015). Eine zunehmende skoliotische Kurve wurde mit verstärktem Schmerz in Verbindung gebracht (Kostuik und Bentivoglio 1981). Thorakolumbale und lumbale Kurven verursachen wahrscheinlich häufiger Rückenschmerz als rein thorakale Kurven (Weinstein et al. 1981; Ponseti und FRIEDMAN 1950).

Zwischen Skoliosepatienten und der Normalbevölkerung besteht, bezüglich der Arbeitsfähigkeit und Ausübung täglicher Aktivitäten, kein Unterschied (Agabegi et al. 2015).

### **1.4.2. Psychologische Beeinträchtigung**

In der Studienlage zeichnen sich zwei Tendenzen in Bezug auf die psychologische Beeinträchtigung ab.

Einerseits geben die Patienten an, sich im Vergleich mit Menschen aus der Peergruppe weniger gesund zu fühlen und erleben Einschränkungen in körperlichen und sozialen Aktivitäten (zum Beispiel lange Strecken zu gehen, lange Zeit zu stehen oder zu sitzen) (Goldberg et al. 1994; Mayo et al. 1994). Weitere Studien zeigen, dass ein Drittel der Patienten glaubt, dass die Wirbelsäulendehformierung ihr Leben eingeschränkt hat. Sie haben Schwierigkeiten passende Kleidung zu finden und ein geringeres Selbstbewusstsein (Weinstein et al. 2003; Mayo et al. 1994).

Bei der Einschätzung der psychologischen Beeinträchtigung sollte der kosmetische Aspekt nicht übersehen werden. Patienten mit AIS fühlen sich durch die Deformierungen besonders des Brustkorbes kosmetisch beeinträchtigt. Dies trifft eher auf jugendliche Patienten zu. Je älter die Patienten werden, desto weiter rückt der kosmetische Aspekt in den Hintergrund (Collis und Ponseti 1969; Weinstein et al. 1981).

Einige Patienten mit stark ausgeprägten Kurven akzeptieren ihre Deformität und andere mit wenig ausgeprägten Kurven haben große Bedenken in Bezug auf die Kosmetik (Agabegi et al. 2015).

Andererseits stellen Studien fest, dass es zwischen AIS-Patienten und Kontrollgruppen keine signifikanten Unterschiede in der Lebensqualität oder Fähigkeit, tägliche Aktivitäten auszuüben, gibt (Danielsson et al. 2001). Eine Langzeit-Follow-Up-Studie von Weinstein et al. zeigte, dass die Indices für Depression der Patientengruppe sowie der Kontrollgruppe vergleichbar mit dem Index für nicht-depressive Patienten sind (Weinstein et al. 2003).

### **1.4.3. Kardiopulmonale Komplikationen**

Kardiopulmonale Komplikationen, wie der Verlust von Vitalkapazität, pulmonale Hypertension und Cor Pulmonale kommen bei AIS selten vor (Agabegi et al. 2015). In einigen Studien konnte aber bei Patienten mit AIS eine reduzierte körperliche Belastbarkeit, Diffusionskapazität und niedrigere maximale Sauerstoffaufnahme festgestellt werden (Barrios et al. 2005; Chong et al. 1981; Kesten et al. 1991; Weber et al. 1975). Weiterhin wurden Kurven  $>50^\circ$  (mit thorakalem Apex) mit reduzierter Vitalkapazität, Kurzatmigkeit, aber selten mit einer schweren kardiopulmonalen Komplikation in Verbindung gebracht (Ascani et al. 1986; Weinstein et al. 1981; Weinstein et al. 2003; Pehrsson et al. 2001). Je

größer die thorakale Kurve ist, desto eher wird eine Progression der Deformität stattfinden, was eine allmähliche Reduktion der Vitalkapazität mit sich bringt (Agabegi et al. 2015). Da Cobb-Winkel  $>40^\circ$  auch nach Wachstumsschluss progredient sind (Bjerkreim und Hassan 1982), ist in diesen Fällen auch das Risiko kardiopulmonaler Beeinträchtigungen größer.

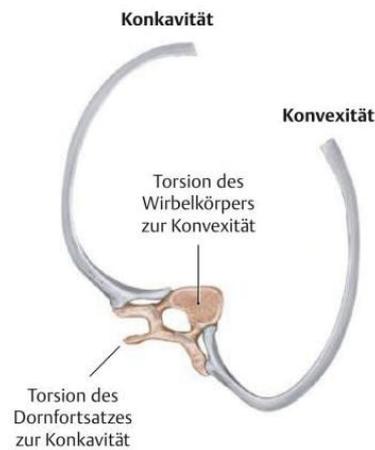
#### **1.4.4. Mortalität**

Bei der AIS konnte im Gegensatz zur infantilen und juvenilen idiopathischen Skoliose keine erhöhte Mortalitätsrate festgestellt werden (Pehrsson et al. 1992). Erst bei sehr ausgeprägten Kurven  $>100^\circ$  besteht, im Vergleich zur Normalbevölkerung eine erhöhte Mortalitätsrate (Ponseti und Friedman 1950; Weinstein et al. 1981).

### **1.5. Diagnostik**

#### **1.5.1. Klinik**

Da die Skoliose im Adoleszentenalter in der Regel keine Schmerzen auslöst, ergibt sich die klinische Auffälligkeit durch eine Deformierung des Rumpfes und der Wirbelsäule (Radl et al. 2011) und wird meist zufällig durch Angehörige der Patienten entdeckt (Niethard et al. 2014). Ein Screening durch Schulärzte wird eindeutig befürwortet (Landauer et al. 1997). Die Torsion der Wirbel verursacht eine Rotation der Dornfortsätze in die Konkavität und eine Rotation der Wirbelkörper in die Konvexität hinein (Abb. 3). Durch diese Wachstumsdeformität der Einzelwirbel kommt es zur charakteristischen Asymmetrie des Rumpfes und des Rückenprofils (Niethard et al. 2014). Ebenfalls kann durch die Wirbeltorsion eine scheinbare Kyphose bei vorliegender Lordosierung der Wirbelkörpersegmente auffallen (Cruickshank et al. 1989).



*Abb. 3: Thoraxschnitt einer rechtskonvexen thorakalen Skoliose aus Schulte et al. (Schulte et al. 2011)*

Die Klinische Untersuchung erfolgt am entkleideten Patienten. Im Stand sollten etwaige Beinlängendifferenzen erfasst und ausgeglichen werden. In die Beurteilung von ventral, dorsal und lateral werden Schulterhochstand, Asymmetrien der Schulterblätter und der Taillendreiecke mit einbezogen. Es kann sich eine Abweichung vom Lot, welches von HWK 7 gefällt wird, zeigen. Eine pathologische frontale Balance fällt auf, wenn das Lot nicht auf die Rima ani fällt. In diesem Fall wird die Hauptkrümmung nicht mehr durch die Nebenkrümmung ausgeglichen. Man spricht von einer dekompenzierten Skoliose (Authorsen 2004). Im Vorbeugetest sind der konvexseitige Rippenbuckel (bei Thorakalskoliose) und der konvexseitige Lendenwulst (bei Lumbalskoliose) besonders deutlich zu erkennen (Adams Bending Test) (Niethard et al. 2014). Konkavseitig tritt eine Abflachung des Rückenreliefs auf, welche im thorakalen Bereich als Rippental und im lumbalen Bereich als Lendental bezeichnet wird (Authorsen 2004).



Abb. 4: Thorakalskoliose mit deutlichem Rippenbuckel und angedeutetem Lendenwulst a: Betrachtung im Stand von dorsal; b: Vorbeugetest

### 1.5.2. Bildgebung

Als diagnostischer Goldstandard wird zur Primärdiagnostik eine Wirbelsäulenganzaufnahme im Stehen in zwei Ebenen (p.a. und lat.) durchgeführt. Anschließend wird in der Regel alle 6 Monate eine Wirbelsäulenganzaufnahme in p.a. angefertigt (Radl et al. 2011; Rössler et al. 2005). Die Röntgenbilder dienen der Diagnosestellung der Skoliose, der Therapieplanung und der Verlaufsbeurteilung des Krankheitsbildes sowie des Therapieerfolges.

#### 1.5.2.1. Messung der Seitkrümmung in der Frontalebene

Das Verfahren nach Cobb (Cobb JR 1948) ist die am häufigsten gebrauchte Messmethode zur Quantifizierung der skoliotischen Krümmung in der Frontalebene (Malfair et al. 2010).

Es wird jeweils eine Tangente an der Deckplatte des oberen Endwirbels und an der Grundplatte des unteren Endwirbels gezogen und der Winkel zwischen diesen Tangenten bestimmt (Abbildung 5). Die Endwirbel sind die am stärksten gegeneinander geneigten Wirbelkörper und definieren Anfang und Ende der Krümmung

(Zippel 1996). Diese sogenannte 2-Strich-Methode ist am genauesten, aber nur bei Winkeln über  $90^\circ$  anwendbar, da sich die Tangenten bei unter  $90^\circ$  erst außerhalb des Röntgenbildes schneiden (Harrison et al. 2001). Als Alternative wird bei Winkeln unter  $90^\circ$  die 4-Strich-Methode angewandt, bei der zu den Tangenten die Senkrechte gezogen und der Cobb-Winkel zwischen den beiden Senkrechten gemessen wird (Harrison et al. 2001). Sind Deck- und Bodenplatte nicht eindeutig zu definieren, werden die Grenzen der Pedikel der Neutralwirbel zur Bestimmung des Winkels benutzt (Malfair et al. 2010).

Es konnte gezeigt werden, dass die Methode nach Cobb genauer ist, als die ebenfalls verbreitete Messung nach Ferguson (Neugebauer 1972). Die Fehlerbreite bei der Bestimmung des Cobb-Winkels variiert in verschiedenen Studien und wird zwischen  $2^\circ$  und  $7^\circ$  angegeben (Goldberg et al. 1988; Morrissy et al. 1990; Pruijs et al. 1994; Carman et al. 1990). Fehlerquellen liegen hier hauptsächlich in der technischen Durchführung der Röntgendiagnostik und der Winkelmessung selbst (Malfair et al. 2010). Die Variabilität zwischen verschiedenen Untersuchern ist höher als die Variabilität zwischen Messungen des gleichen Untersuchers (Malfair et al. 2010). Die Winkelmessung am konventionellen Röntgenbild und in einem PACS zeigten nach Kuklo et al. äquivalente Ergebnisse (Kuklo et al. 2005).

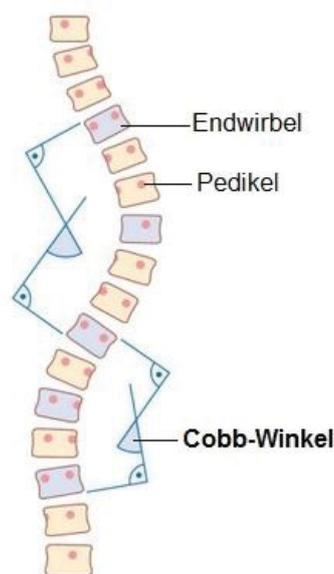


Abb. 5: Messung der Seitenausbiegung nach Cobb; modifiziert aus Reiser et al. (Reiser et al. 2011)

### 1.5.2.2. Bestimmung der Skelettreife

Die Wirbelsäulenganzaufnahme im p.a. Strahlengang ermöglicht die Beurteilung der Skelettreife nach Risser (Risser-Zeichen) (Risser 1958). Beurteilt wird der Grad der Ossifikation der Beckenkamm-Apophyse, die von lateral nach medial abläuft. Folgende Stadien werden unterschieden:

Stadium 0: keine Apophyse sichtbar.

Stadium I: lateraler Beginn der Ossifikation

Stadium II: Ossifikation über die Hälfte der Zirkumferenz des Beckenkammes.

Stadium III: Beginn der Verschmelzung der Apophyse mit dem Os ilium.

Stadium IV: Apophyse und Os ilium zur Hälfte verschmolzen.

Stadium V: Apophyse und Os ilium vollständig verschmolzen.

Mit dem Stadium V ist nach Risser das Wachstum der Wirbelsäule abgeschlossen (Risser 1958).

Trotz des Einwandes einiger Wissenschaftler, dass die Beurteilung von Röntgenbildern der Hand und des Handgelenks exakter zur Bestimmung der Skelettreife sei, als das Risser-Zeichen (Anderson et al. 1965; CALVO 1957; Roche et al. 1971), ist das Klassifikationssystem heutzutage in der Kinder-Orthopädie am gebräuchlichsten (Manring und Calhoun 2010).

Das Risser-Stadium I fällt bei Mädchen zeitlich etwa mit der Menarche zusammen, welche den Höhepunkt des pubertären Wachstumsschubes darstellt. Von da an bis zum Ende des Wachstumsschubes im Stadium IV vergehen circa zwei Jahre, in denen mit der stärksten Progredienz der Skoliose zu rechnen ist (Dimeglio 2001; Tanner et al. 1966a). Bis zur definitiven Verknöcherung im Stadium 5 findet nur noch ein minimales Wachstum statt (Dimeglio 2001; Tanner et al. 1966a, 1966b).

Die Beurteilung der Skelettreife gilt als wichtiger prognostischer Faktor in Bezug auf Progression und Therapieplanung (Niethard et al. 2014), da die Wirbelsäulendeformität der Skoliose nach Wachstumsschluss der Wirbelsäule nicht mehr so progredient ist, wie davor (Risser 1966; Risser und Ferguson A. B. 1936).

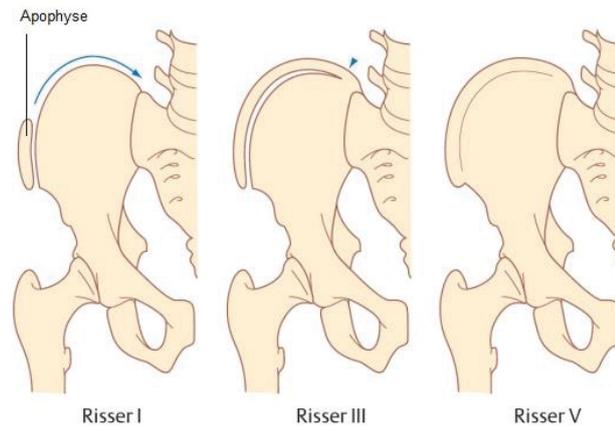


Abb. 6: Beispielhaft Risserstadium I, III und V.; modifiziert aus Reiser et al. (Reiser et al. 2011).

### 1.5.2.3. Thorakales Sagittales Profil

Das thorakale sagittale Profil wird nach Lenke in drei Typen eingeteilt (Lenke et al. 2001). Die Einteilung basiert auf der Ermittlung der Winkelgröße der thorakalen Kyphose (TK) im lateralen Röntgenbild der Wirbelsäule. Die Winkelmessung erfolgt analog zu der im Abschnitt „Messung der Seitkrümmung in der Frontalebene“ beschriebenen Methode nach Cobb. Die Länge des Wirbelsäulenabschnitts zur Bestimmung der TK variiert in verschiedenen Studien; BWK1/2/4/5 - BWK12 (Bernhardt und Bridwell 1989; Boseker et al. 2000; Lee et al. 2011; Propst-Proctor und Bleck 1983; Lenke et al. 2001).

- = Hypokyphose;  $<10^\circ$

N = Normale Kyphose;  $10^\circ$ - $40^\circ$

+ = Hyperkyphose;  $>40^\circ$

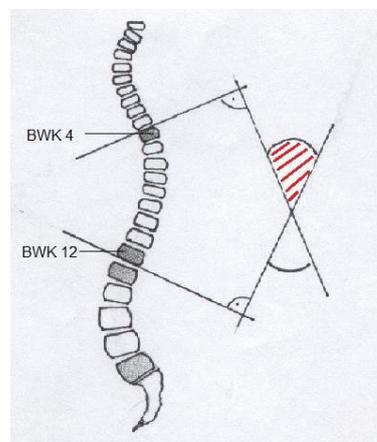


Abb. 7: Messung des Brustkyphosewinkels nach Cobb. Schematische Darstellung.

#### 1.5.2.4. Spinopelvine Balance

Die spinopelvine Balance, also die Position des Beckens in Relation zur Wirbelsäule lässt sich durch eine Interaktion von positionellen (Sakrumkipfung = Sacral Slope und Beckenkipfung = pelvic tilt) und dem morphologischen Parameter (individuelle Beckengeometrie = Pelvic Incidence) beschreiben (Schwab 2009). Zwischen den positionellen Parametern und der individuellen Beckengeometrie besteht folgender mathematischer Zusammenhang:  $\text{Pelvic Incidence} = \text{Pelvic Tilt} + \text{Sacral Slope}$  (Schwab 2009). Die Sakrumkipfung wird in der lateralen Röntgenübersichtsaufnahme der Wirbelsäule gemessen (Schwab 2009). Sie ist definiert als Winkel zwischen der Horizontalen und der Basis ossis sacri (Schwab 2009).

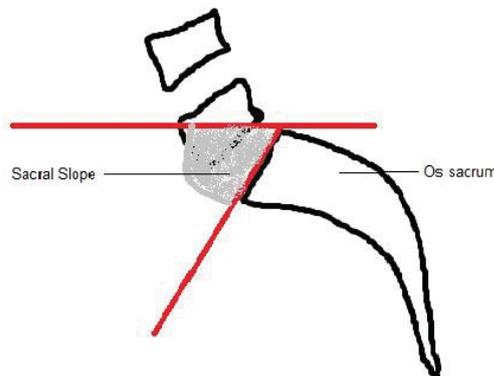


Abb. 8: Messung der Sakrumkipfung = Sacral Slope. Schematische Darstellung.

#### 1.5.2.5. Bending-Aufnahmen

Bending-Aufnahmen werden jeweils in maximaler Seitneigung nach rechts und links angefertigt (Niethard et al. 2014). Es wird die in dieser Position bestehende Seitkrümmung der Wirbelsäule nach Cobb gemessen. Die Untersuchung dient der Beurteilung der Flexibilität und der Kompensation der Krümmung und ist besonders wichtig für die Therapieplanung bei operativen Korrekturen (Authorsen 2004), aber auch für die Klassifikation der Skoliose nach Lenke (Lenke 2001).

### 1.6. Therapie

Das Ausmaß der Skoliose bestimmt wesentlich die Therapieform, wobei es geographische Unterschiede in der Abstufung und besonders in der

Vorgehensweise der ersten Therapiestufe gibt. Im europäischen Raum werden die Patienten bei einem Cobb-Winkel unter 20° (leichte Skoliose) mit Physiotherapie behandelt (Negrini et al. 2005; Weiss et al. 2006b). Im nordamerikanischen Raum wird hingegen bis zu einem Winkel unter 25° nach dem Therapieprinzip „Watchful Waiting“ = beobachtendes Abwarten gehandelt (Kesling und Reinker 1997; Weinstein et al. 2008). Ab einem Winkel von 20° (moderate Skoliose) wird eine Korsetttherapie eingeleitet (El-Hawary und Chukwunyerenwa 2014). Hat die Skoliose einen Cobb-Winkel von 40-50° (schwere Skoliose) erreicht ist eine Korsetttherapie nicht mehr wirksam und es kommt eine operative Therapie in Betracht (El-Hawary und Chukwunyerenwa 2014).

Die Winkelgrade gelten hier als Richtwerte. Die Therapieform sollte bei jedem Patienten unter anderem abhängig von der verbleibenden Wachstumsreserve und der eventuell vorhandenen Nebenerkrankungen individuell festgelegt werden.

### **1.6.1. Therapieziele**

Das Ziel der ersten beiden Therapiestufen (1. Physiotherapie und klinische Kontrollen, 2. Korsettbehandlung) ist eine Vermeidung der Progression der Skoliose (Landauer F und Wimmer C 2003). Die Verbesserung der Lungenfunktion und die Behandlung von möglichen Schmerzen sind ebenfalls von großer Bedeutung (Weiss et al. 2006b). Laut SOSORT-Experten (Negrini et al. 2006) sind dies die wichtigsten allgemeinen Ziele der konservativen Therapie: Verbesserung von Ästhetik, Lebensqualität und psychologischem Wohlbefinden. Außerdem wichtige Ziele sind Vermeidung von Rückenschmerzen, der Progression im Erwachsenenalter, der Zunahme des Cobb-Winkels und der Notwendigkeit von weiteren Behandlungen im Erwachsenenalter.

Rigo et al. kommen zu dem Schluss, dass die Kombination von intensiver Physiotherapie und Korsettversorgung effektiv die Prävalenz von Operationen bei Patienten mit AIS reduziert (Rigo et al. 2003). In der Studie wird aber auch hervorgehoben, dass eine Orthese nicht in jedem Fall effektiv ist (Rigo et al. 2003). Es gibt Kurven, deren Progression sich nicht aufhalten lässt.

Weinstein et al. (Weinstein et al. 2008) beschreibt in einem Review Definitionen für den Misserfolg der konservativen Therapie: Viele Studien werten demnach eine Kurvenprogression von über 5° unter Therapie oder auch eine Operation trotz Therapie als Misserfolg.

Das Ziel der operativen Behandlung ist, unter der Wiederherstellung der coronaren und saggitalen Balance, die Kurvenkorrektur auf möglichst geringe Cobb-Werte (El-Hawary und Chukwunyerenna 2014). Außerdem sind das Erreichen der maximalen permanenten Korrektur der Deformität in allen drei Dimensionen und die Minimierung der Kurzzeit- und Langzeitkomplikationen weitere Therapieziele (Weinstein et al. 2008).

## **1.6.2. Konservative Therapiemöglichkeiten**

### **1.6.2.1. Physiotherapie**

Negrini et al. kommen zu dem Schluss, dass zur Prävention der Progression der AIS spezifische physiotherapeutische Übungen empfohlen werden können (Negrini et al. 2012). Die Physiotherapie wird besonders unterstützend zur Korsetttherapie und zur operativen Therapie durchgeführt (Weiss 2002, Rigo et al. 2003, Weinstein et al. 2008). Nach den Empfehlungen der International Society of Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) sollten physiotherapeutische Übungen auf folgenden grundlegenden Eigenschaften basieren: Dreidimensionale Selbstkorrektur, Training der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), Stabilisation der korrekten Körperhaltung und Patientenedukation (Weiss et al. 2006a). Weiterhin empfiehlt die SOSORT physiotherapeutische Methoden anzuwenden, deren Effektivität in einer wissenschaftlichen Studie belegt wurde (Negrini et al. 2012):

- Das dreidimensionale Therapieschema nach Schroth basiert auf dem Prinzip der Drehwinkelatmung. Unter Spiegelkontrolle wird durch forcierte bewusste Atmung in die Konkavseite der Skoliose hinein versucht, die Hebelwirkung der Rippen auf die Wirbelsäule auszunutzen, um eine Aufrichtung und Derotation der Skoliose zu erreichen (Weiss 1995a; Lehnert-Schroth C 1979).
- Die DoboMed Methode berücksichtigt die Dreidimensionalität der skoliotischen Deformität und soll die Skoliose durch autokorrektive Bewegungen verbessern (Dobosiewicz et al. 2002; Dobosiewicz et al. 2008).

- Die Side-Shift Therapie nach Metha (Mehta 1985) ist eine aktive Form der Autokorrektur. Der Patient verschiebt seinen Stamm zur Seite der Konkavität der Hauptkurve über das Becken. Durch Muskelkraft wird so die Deformität temporär korrigiert oder überkorrigiert (den Boer et al. 1999).
- In der Lyon-Methode wird der Fokus auf eine nicht-dreidimensionale Selbstdehnung gesetzt. Die neuromotorische Kontrolle des Patienten wird durch externe, meist propriozeptive Inputs unterstützt (Mollon G und Rodot JC 1986; Stagnara P et al. 1990).
- Das SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis) Programm wird stetig auf der Grundlage der aktuellen Studienlage evaluiert und weiterentwickelt (Romano et al. 2015). Es werden Bausteine verschiedener Physiotherapiemethoden (zum Beispiel der Lyon-Methode) kombiniert. SEAS beruht auf dem Prinzip aktiver Autokorrektur. Der Patient lernt in einem ersten Schritt seine Skoliose visuell und taktil wahrzunehmen, um dann die Deformität aller drei Ebenen zu korrigieren und anschließend die Korrektur zu stabilisieren. Die Übungen werden an jeden Patienten individuell angepasst (Negrini S 2007).

Die physiotherapeutischen Methoden werden entweder ambulant oder auch zusätzlich im Rahmen einer stationären Rehabilitation durchgeführt (Fusco et al. 2011).

Die empfohlene Häufigkeit der Therapiestunden mit dem Physiotherapeuten und der Übungen zu Hause ähnelt sich in den verschiedenen Methoden. Meist sollten in einem Zeitraum von circa einem Jahr mehr als zwei Therapiesitzungen mit dem Physiotherapeuten und/oder täglich Übungen zu Hause durchgeführt werden. Nach einem Jahr kann dann die Anzahl der Therapiesitzungen reduziert werden, die Eigenübungen zu Hause sollten aber beibehalten werden (Romano et al. 2015; Rigo et al. 2003).

Physiotherapie ist für die Behandlung der Skoliose zu empfehlen. Bisher ist aber nicht nachgewiesen, welche Methode die effektivste ist (Fusco et al. 2011).

#### **1.6.2.2. Korsetttherapie**

Nachemson (Nachemson und Peterson 1995) und Weinstein (Weinstein et al. 2013) konnten die Wirksamkeit eines Korsetts im Vergleich zur reinen Observation und zur Elektrostimulation zeigen. Die Indikation für eine Korsetttherapie besteht

nach gegenwärtigem Verständnis bei Skoliosewinkeln zwischen 20°-40° und mindestens 1 Jahr verbleibender Zeit bis zur Skelettreife (Hopf 2000). Nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) ist die Korsettversorgung bei nachgewiesener Progredienz des Cobb-Winkels von > 5° innerhalb von 6 Monaten und Winkelwerten von > 20° indiziert (Hopf et al. 1996). In einem Studienprotokoll nach Rigo et al. wird die Indikation zur Orthesenversorgung ab einem Cobb-Winkel von  $\geq 25^\circ$ , einer Kurvenprogression von  $\geq 10^\circ$  bei einem initialen Winkel von  $< 20^\circ$  oder einer Progression von  $\geq 5^\circ$  bei einem initialen Winkel von  $\geq 20^\circ$  gestellt (Rigo et al. 2003). Nach Empfehlung der SRS sollte die ausschleichende Korsettentwöhnung zeitnah zum Erreichen der Wachstumsreife (Risser-Stadium IV oder V) oder zwei Jahre nach der Menarche erfolgen (SRS 2016a; Katz und Durrani 2001; Negrini et al. 2005).

#### **1.6.2.2.1. Korsetttragezeit**

Bisher gibt es noch keinen Konsens darüber, wie viele Stunden das Korsett mindestens täglich getragen werden muss, um eine Progression der Skoliose zu verhindern. Weinstein (Weinstein et al. 2013) und Katz (Katz et al. 2010) konnten zeigen, dass die Korsetttragezeit pro Tag negativ mit der Progressionsrate der Skoliose korreliert.

Die verordnete Tragezeit variiert in Studienprotokollen stark. Jarvis zeigte, dass nur 39% der Patienten, welche das Korsett ausschließlich in der Nacht tragen, keine Progression ihrer Skoliose aufweisen (Jarvis et al. 2008). Weinstein et al. berichten über eine Tragezeit von mindestens 18 Stunden, wobei 72% der untersuchten Patienten keine Progression der Skoliose erlitten (Weinstein et al. 2013). In einer Meta-Analyse berichten Rowe et al., dass eine Tragezeit von 23 Stunden bessere Ergebnisse bringe, als ein Therapieprotokoll mit einer Tragezeit von 16 Stunden oder ein Protokoll nur mit nächtlichem Tragen des Korsetts (Rowe et al. 1997). Hingegen zeigten in einer Studie von Katz et al. (Katz et al. 2010) 82% der Patienten, welche ihr Korsett alle mehr als 12 Stunden am Tag trugen, keine Progression der Skoliose.

In Anbetracht der weiterhin nicht eindeutigen Studienlage empfehlen Negrini et al. (Negrini et al. 2012) in der SOSORT Leitlinie eine Korsetttragezeit von 23 Stunden

pro Tag, mindestens aber 18 Stunden pro Tag. Diese Leitlinie wurde mit einer Delphi-Prozedur erstellt.

#### **1.6.2.2.2. Compliance mit der verordneten Korsetttragezeit**

In zwei verschiedenen Studien wird von einer Compliance zwischen 27% bei einer verordneten Zeit von 23 Stunden pro Tag (Katz et al. 2010) und 47% bei einer verordneten Zeit von 16 Stunden oder von 23 Stunden pro Tag (Morton et al. 2008) berichtet. Es bestehen demnach Hinweise darauf, dass die Compliance der Korsetttherapie negativ mit der täglich verordneten Korsetttragezeit korreliert (Katz et al. 2010; Morton et al. 2008). Katz et al. (Katz et al. 2010) und die BRAIST-Studie (Weinstein et al. 2013) konnten zeigen, dass die Compliance der Patienten zur Orthesentherapie sehr schwach ist, eine hohe Korsetttragedauer aber mit einem besseren Outcome korreliert.

AIS Patienten, die ein Korsett tragen, erleben gemessen mit dem Bad Sobernheim Stress Questionnaire Brace (Einteilung in wenig, mittel und viel Stress) (Botens-Helmus et al. 2006) mittleren psychischen Stress (Kinel et al. 2012). Weiterhin wird von einer positiven Korrelation zwischen der Korsetttragezeit pro Tag und dem Auftreten einer Depression bei Patienten mit einer Skoliose berichtet (Misterska et al. 2010). Hingegen bestehe keine Korrelation zwischen psychologischen Symptomen und der Dauer der Korsetttherapie in Monaten, dem Alter beim Start der Therapie und dem Schweregrad der Skoliose (Misterska et al. 2010). Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die Korsettbehandlung von den adoleszenten Patienten als belastend empfunden wird je mehr Stunden die Korsetttragezeit pro Tag andauert, was ein Grund für die stark variierende Compliance in Bezug auf die Tragedauer sein kann.

#### **1.6.2.2.3. Korsett Modelle**

Es existieren mehrere Korsetttypen zur Behandlung der AIS. Das derzeit am häufigsten verwendete Modell ist die thorako-lumbo-sakrale Orthese (TLSO), zu welcher das Boston-Korsett (El-Hawary und Chukwunyerenwa 2014) oder auch das Cheneau-Korsett (Hopf und Heine 1985) zählen. Das Cheneau-Korsett wird verbreitet im europäischen Raum angewendet (Rigo et al. 2003) und wurde 1978 von Jaques Cheneau entwickelt (Kotwicki und Cheneau 2008). Bei diesem Korsett

wird ein Derotationsdrucksystem angewendet, wobei der obere Thoraxanteil und das Becken gegen Rotation gesichert werden (Hopf und Heine 1985). Durch einen erhöhten intraabdominellen Druck (sichere abdominelle Fixation) erreicht man eine weitere Entlastung der Wirbelsäule (Hopf und Heine 1985). Es wird ein Expansionsraum freigelassen, um eine aktive Korrektur durch Atembewegungen zu ermöglichen (Kotwicki und Cheneau 2008). Das Cheneau-Korsett ist ein thermoplastisches Korsett, angefertigt auf der Basis einer überkorrigierten Gipsform des Patienten (Kotwicki und Cheneau 2008).

Die Compliance des Patienten und der primäre Korrektoreffekt des Korsetts sind die wichtigsten Faktoren für ein positives Outcome der Korsetttherapie (Landauer 1999; Mellerowicz et al. 1994; Weiss 1995b).



*Abb. 9: Anfertigung eines Cheneau-Korsetts. a: Ausgießen der Negativform; b: Bearbeitung der Positivform; c: Feinanpassung der Positivform mittels Auftragen von Gips*



*Abb. 10: Fertiges Cheneau-Korsett. a: Ansicht von ventral; b: Ansicht von rechts lateral; c: Ansicht von cranial mit sichtbarer derotierender Pelottenposition*

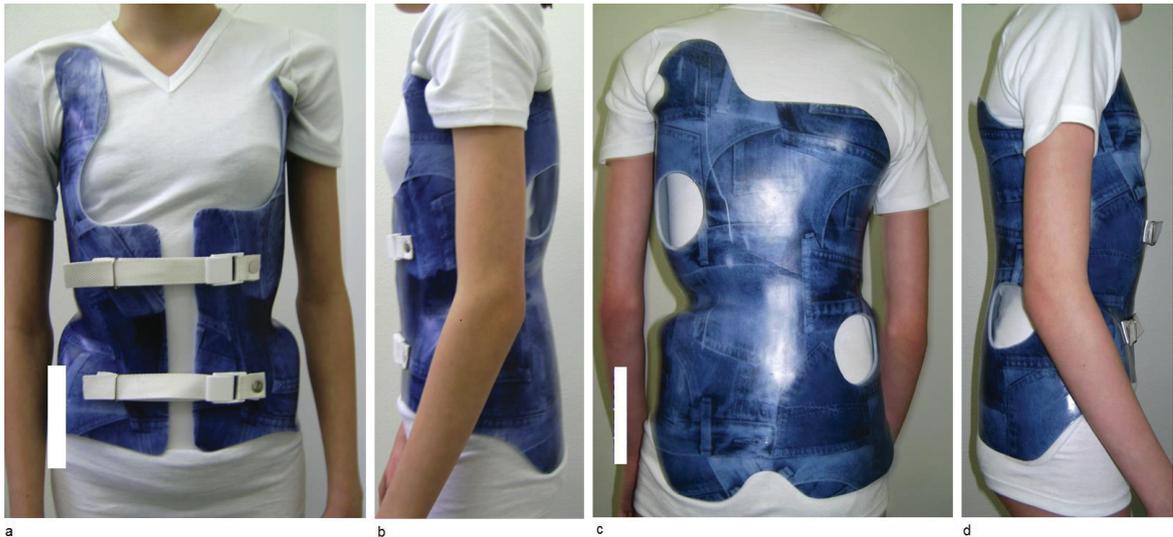


Abb. 11: 12 Jährige Patientin in ihrem Cheneau-Korsett a-d: Ansicht von ventral, links lateral, dorsal, rechts lateral

### 1.6.3. Operative Therapie

Die im allgemeinen Konsens bestehende Operationsindikation bei AIS liegt bei Kurven mit einem Cobb-Winkel  $>45^\circ$  (Weinstein et al. 2008; El-Hawary und Chukwunyerewa 2014; SRS 2016a). In einem Studienprotokoll nach Bullmann et al. wird die Indikation für Thorakalskoliosen bei einem Winkel  $>50^\circ$  und für Thorakolumbal- und Lumbalskoliosen bei  $>40^\circ$  gestellt (Bullmann et al. 2004). Zusätzlich zum Ausmaß der Kurve basiert die Entscheidung zur operativen Versorgung auf dem Kurvenmuster, der Skelettreife, dem Alter, der Progression und Symptomen (Kim et al. 2009).

Um den Operationszeitpunkt bestimmen zu können, werden zwei grundlegende Fakten gegeneinander abgewogen: Auf der einen Seite gilt, dass bei einer frühen Operation die Wirbelsäule noch flexibler ist und dadurch ein geringeres neurologisches Operationsrisiko, bessere Korrekturwerte und kürzere Behandlungszeiten erwartet werden können (Hopf 2000). Andererseits muss das Crankshaft-Phänomen, erstmals definiert 1989 von Dubousset et al., beachtet werden. Es beschreibt das Auftreten einer postoperativen Krümmungsprogredienz (bei operierten Patienten im Risser-Stadium 0 oder I) aufgrund einer fehlenden Fusion der anterioren Wachstumszonen, sowie der verbleibenden Jahre bis zum Wachstumsschluss (Dubousset et al. 1989). Hier werden die Grenzen einer frühzeitigen Operation bei Patienten in den Risser-Stadien 0 und I deutlich. Hopf et al. empfehlen daher bei bestehender Operationsindikation in diesen beiden

Risser-Stadien eine temporäre Korsettversorgung bis zum Erreichen des Risser-Stadiums II (Hopf 2000). So kann ein Kompromiss zwischen noch bestehender Flexibilität der Wirbelsäule und dem Crankshaft-Phänomen gefunden werden. Ein weiterer Kompromiss wäre zum Beispiel das Implantieren von Wachstumsstäben (Growing Rods) (Akbarnia 2007). Dabei wird ebenfalls eine initiale Korrektur erreicht. Im Rahmen von Verlängerungen der Implantate, individuell abgestimmt auf das Wachstum des Patienten, wird diese gehalten. Nach Abschluss des Wachstums erfolgt in den meisten Fällen eine Konversions-Operation zu einer definitiven Fusion (Akbarnia 2007). Das sogenannte MAGEC System verwendet magnetische erweiterbare Stabimplantate mit einem externem Fern-Regler zur operativen Skoliotherapie (Jenks et al. 2014). Diese Methode ermöglicht eine Anpassung der Implantate an das Wachstum der Patienten ohne erneute operative Eingriffe durchführen zu müssen (Jenks et al. 2014).

Es werden dorsale, ventrale und dorso-ventrale Operationsmethoden praktiziert (El-Hawary und Chukwunyerewa 2014). Mit jeder operativen Maßnahme strebt man eine möglichst kurze Spondylodesenstrecke an, um die Komplikationsrate so gering wie möglich zu halten und um möglichst viele Bewegungssegmente zu erhalten, ohne die dauerhafte Korrektur der Kurve zu gefährden (Hopf 2000).

Physiotherapie wird bei der operativen Therapie als adjuvante Unterstützung zur Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung eingesetzt (Weiss 2002, Negrini et al. 2012).

Da in dieser Arbeit der Fokus nicht auf der operativen Therapie liegt, wird an dieser Stelle nicht näher auf die verschiedenen Operationstechniken eingegangen.

### **1.7. Progressionsfaktoren**

Malfair et al. definieren als signifikante Progression einer skoliotischen Kurve eine Zunahme des Cobb-Winkels um  $\geq 5^\circ$  in einem Zeitraum von 12 Monaten (Malfair et al. 2010).

Soucacos et al. fanden in ihrer Studie als wichtigste Progressionsfaktoren das Geschlecht des Kindes, die Lokalisation und Richtung der Kurve sowie den Grad der körperlichen Reife (Soucacos et al. 1998). In einer jüngeren Studie wurden folgende Faktoren, welche die Progression um  $>5^\circ$  vorhersagen, aufgeführt: Risser-Stadium  $<2$ , ein Cobb-Winkel der Hauptkurve von  $>35^\circ$ , Rotation des

---

Apexwirbels über Grad 3 nach Nash und Moe und die Zunahme der Wirbelsäulenlänge >20mm pro Jahr (Zhang et al. 2015).

### **1.7.1. Ausmaß der Kurve**

Ein häufig untersuchter Faktor ist die Progression bei verschiedenen Schweregraden der Kurven: Je größer die initiale Kurve vor oder auch nach Erreichen der körperlichen Reife ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit der Kurvenprogression (Ascani et al. 1986; Bunnell 1986; Lonstein und Carlson 1984; Weinstein und Ponseti 1983). Fustier konnte eine Aussage über unbehandelte Patienten machen. In seiner Studie wurde eine Progression von 5° bei 56% der Patienten mit einem initialen Cobb-Winkel von 10°-29° und von 75% bei Patienten mit initialem Winkel von 20°-29° beobachtet (Fustier 1980). Nachemson et al. berichten, dass 66% der unbehandelten weiblichen AIS-Patienten mit Kurven zwischen 25°-35° eine Progression der Kurven hatten (Nachemson und Peterson 1995). Zhang et al. stellen fest, dass sich Kurven mit >35° vor Beginn der Korsetttherapie leicht verschlechtern (Zhang et al. 2015).

In einer Metaanalyse von Noshchenko et al. (Noshchenko et al. 2015) wurden acht Studien (Hung et al. 2005; Lam et al. 2013; Lee et al. 2012; Sun et al. 2010; Sun et al. 2013; Tan et al. 2009; Upadhyay et al. 1995; Xu et al. 2011) inkludiert, welche eine Größe der Kurve von 25°-30° signifikant mit einer Kurvenprogression assoziierten. Die Ergebnisse der Studien zeigten alle ein niedriges Evidenzlevel (Level III).

### **1.7.2. Geschlecht**

Nach Soucacos et al. (Soucacos et al. 1998) sind Mädchen mit einer rechtskonvexen thorakalen Kurve oder Doppelkurve >10° und welche die Menarche noch nicht erreicht haben, einem hohen Progressionsrisiko ausgesetzt. Männliche Patienten mit einer rechtskonvexen lumbalen Kurve neigen ebenfalls zu einem hohen Progressionsrisiko.

### 1.7.3. Alter des Patienten

Die Rate der Kurvenprogression nimmt verschiedenen Studien zufolge mit zunehmendem Alter des Patienten ab (Bunnell 1986; Clarisse 1974; Lonstein und Carlson 1984; Peterson und Nachemson 1995).

Noshchenko et al. (Noshchenko et al. 2015) fanden bei ihrer Recherche drei Studien (Hung et al. 2005; Lam et al. 2013; Sun et al. 2010), die zeigten, dass Patienten mit einem Alter von weniger als 13 Jahren bei Diagnosestellung ein größeres Progressionsrisiko hatten, als solche, die älter als 13 Jahre waren. Das Evidenzlevel war bei diesen Studien niedrig. Dies spricht für eine Bedeutung des Alters des Patienten in Bezug auf den Verlauf der AIS.

### 1.7.4. Körperliche Reife

Je geringer die Skelettreife, klassifiziert nach Risser Stadium I-IV (Risser 1958), und die sexuelle Reife, sekundäre Geschlechtsmerkmale klassifiziert nach Tanner Stadien I-V (Tanner 1962), des Patienten voran geschritten sind, desto größer ist das Risiko für eine Kurvenprogression (Bunnell 1986; Weinstein und Ponseti 1983). Mehta zeigte, dass der Beginn der Kurvenprogression mit dem Beginn der Pubertät und dem Auftreten von sekundären Sexualmerkmalen zeitlich zusammenfällt (Mehta 1972). Auch nach Perdriolle verläuft die Progression der Skoliose hauptsächlich während des pubertären Wachstumsschubes (Perdriolle und Vidal 1985). Soucacos et al. stellten in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der körperlichen Reife, welche sich bei weiblichen Patienten durch die Menarche darstellt, und der Progression fest: Kurven, die sich vor der Menarche entwickeln, haben ein fast doppelt so hohes Risiko sich zu verschlechtern, wie Kurven welche sich nach der Menarche entwickeln (Soucacos et al. 1998). Mit Erreichen der Skelettreife (Risser V) verlangsamt sich die Kurvenprogression allmählich, vergleicht man diese mit der Progression, welche beim Wachstumsschub im Adoleszentenalter beobachtet wird (Agabegi et al. 2015). Auch Noordeen und Hoppenfeld stellten fest, dass das Risser-Stadium ein entscheidender Parameter zur Vorhersage der Kurvenprogression ist (Hoppenfeld et al. 2004; Noordeen et al. 1999).

In Bezug auf die Menarche konnten Noshchenko et al. (Noshchenko et al. 2015) eine Übereinstimmung in sechs Studien (Hung et al. 2005; Lam et al. 2013; Sun et

al. 2010; Sun et al. 2013; Danielsson et al. 2007; Modi et al. 2009) feststellen. Es zeigte sich in diesen Studien, dass eine Diagnose der AIS vor der Menarche, besonders bei Mädchen mit milder bis moderater Skoliose mit einem höheren Risiko für Progression assoziiert ist. Hier wurde allerdings bei den Studien ein niedriges Evidenzlevel festgestellt. Zur Skelettreife fanden Noshchenko et al. drei Studien (Hung et al. 2005; Sun et al. 2010; Xu et al. 2011), die einen Zusammenhang mit einem Risser-Stadium  $<2$  und progressiver AIS feststellten. Auch hier war die Evidenz niedrig.

### **1.7.5. Lokalisation der Kurve**

Thorakale Kurven sind einigen Studien zufolge am häufigsten progredient (Weinstein et al. 1981; Weinstein et al. 2003; Weinstein und Ponseti 1983). Kurven zwischen  $50^\circ$  und  $75^\circ$  mit thorakaler oder thorakolumbalen Lokalisation schreiten am stärksten fort (Weinstein und Ponseti 1983).

Auch Noshchenko et al. inkludierten vier Studien (Modi et al. 2009; Sun et al. 2010; Sun et al. 2013; Xu et al. 2011) in ihre Metaanalyse, welche zeigten, dass thorakale Deformitäten ein signifikant höheres Risiko haben, sich zu verschlechtern, als lumbale Kurven oder Doppelkurven (Aussagen mit niedriger Evidenz).

### **1.8. Ziele der Arbeit**

Das Ziel der nicht-operativen Therapie der AIS ist die Verhinderung einer Progression der Skoliose. Um eine optimale Therapie zu entwickeln, werden Therapieschemata regelmäßig überprüft und weiterentwickelt.

Die aktuelle Studienlage zeigt den Aspekt der psychischen Belastung der Patienten durch eine Korsetttherapie auf (Kinel et al. 2012; Misterska et al. 2010). Auch wir bekamen im Rahmen unserer Wirbelsäulensprechstunde am Universitätsklinikum Düsseldorf von den Patienten und ihren Eltern häufig die Rückmeldung, dass das Tragen des Korsetts in der Schule während der Interaktion mit ihren Altersgenossen von vielen Patienten als sehr belastend und peinlich empfunden wird. Weiterhin entstand der Eindruck, dass die Compliance unserer Patienten bezüglich der Korsetttherapie gering ist.

Laut aktuellen Studien ist anzunehmen:

1. Je länger das Korsett pro Tag getragen wird, desto geringer ist die Progression der Skoliose (Weinstein et al. 2013; Katz et al. 2010).
2. Je höher die Compliance zur verordneten Korsetttragedauer, desto geringer ist die Progression (Katz et al. 2010; Weinstein et al. 2013).
3. Je länger die verordnete Korsetttragedauer, desto geringer ist die Compliance (Katz et al. 2010; Morton et al. 2008; Weinstein et al. 2013).
4. Je länger die Korsetttragedauer pro Tag, desto höher ist die Depressionsrate (Misterska et al. 2010).

Es stellt sich uns daher die Frage, auf wie viele Stunden sich die aktuell empfohlene Korsetttragedauer von 23h pro Tag (Negrini et al. 2012) reduzieren lässt, ohne die Progressionsrate zu erhöhen. Eine Tragedauer von 16h pro Tag würde bedeuten, dass die Patienten ihr Korsett nicht während der Schulzeit tragen müssten. Das Ziel der Reduktion der Tragezeit wäre eine Verbesserung der Lebensqualität der Patienten und eine Verhinderung der Progression der Skoliose durch eine höhere Compliance mit der verordneten Korsetttherapie.

In dieser Arbeit wird anhand von definierten Gruppen überprüft, ob eine Korsettbehandlung von 16 Stunden am Tag gegenüber >16 Stunden pro Tag mit dem Risiko einer Kurvenprogression während der Skoliosetherapie im Korsett assoziiert ist.

Zusätzlich werden ätiologische Faktoren der Skoliose der in der Studie inkludierten Patienten analysiert. Folgende Einflussfaktoren auf die Ätiologie und Progression der AIS wurden untersucht:

- Positive Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose
- Alter der Mutter bei Geburt des Kindes
- Raucherstatus der Eltern
- Bildungsstand der Eltern
- Teilnahme am Babyschwimmen
- Ernährung
- Schulabschluss
- Sportverhalten
- Art der Schultasche

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Eigenschaften der Studie

Diese retrospektive Studie schließt die moderate AIS ein (Cobb-Winkel von 20-40°) (Negrini et al. 2012). Eine Progression der skoliotischen Kurve ist definiert als eine Zunahme des Cobb-Winkels in der p.a.-Röntgenaufnahme um >5°.

### 2.2. Patientenauswahl

Die in dieser Studie verwendeten Daten der Krankenakten und Röntgenaufnahmen stammen ausschließlich von Patienten, die sich vom 1.10.2010 bis zum 31.6.2013 in der Wirbelsäulensprechstunde der Klinik für Orthopädie des Universitätsklinikums Düsseldorf (UKD) vorstellten.

Die Studiennummer, welche von der Ethikkommission der Heinrich-Heine-Universität im Rahmen der ethischen und rechtlichen Beratung vergeben wurde, lautet 4385.

Folgende Kriterien galten beim Einschluss der Patienten in die Studie:

- Beginn der Skoliose zwischen dem 11. und dem 16. Lebensjahr
- Idiopathische Skoliose
- Cobb-Winkel  $\geq 20^\circ$
- Mindestens 3 Wiedervorstellungen in der Sprechstunde. (Somit mindestens 4 Vorstellungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten)
- Patient wurde bis zum Ende der Korsetttherapie in unserer Klinik behandelt
- Risser Stadium 0 bis 3 bei Erstvorstellung
- Menarche weniger als 1 Jahr vor Erstvorstellung (11-12 Monate nach der Menarche wurde als 1 Jahr nach der Menarche betrachtet.)

Als Ausschlusskriterien galten:

- Kinder mit malignen Erkrankungen
- Kinder mit Fehlbildungen wie Deformitäten des Thorax, der Extremitäten oder der Wirbelkörper
- Kinder mit neurologischen Erkrankungen wie Fokal neurologischen Defiziten; Status nach cerebralen Ischämien oder Hämorrhagien, infantilen Cerebralparesen, Spastiken, Ataxien

- Kinder, die eine Fraktur der Wirbelsäule erlitten haben
- Patienten mit inkompletten radiologischen Daten

### **2.3. Therapieschema der orthopädischen Klinik des UKD**

Patienten mit adoleszenter idiopathischer Skoliose werden alle nach folgendem Therapieschema behandelt:

Bei einem Cobb-Winkel unter 20° werden die Patienten engmaschig kontrolliert und physiotherapeutisch behandelt. Den Patienten wird empfohlen, die in der Physiotherapie erlernten Übungen täglich als Eigenübungen zu Hause (2 mal 20 Minuten pro Tag) durchzuführen.

Ab einem Winkel von 20° wird eine Korsetttherapie mit einem Cheneau-Korsett eingeleitet. Jedes Korsett wird individuell orthopädietechnisch angefertigt und nach Anfertigung ärztlich auf die Passform kontrolliert. Auch eine radiologische Kontrolle erfolgt 6-8 Wochen nachdem die Korsetttherapie gestartet wurde, um das Korrekturausmaß des Korsetts festzustellen. Wenn sich der Cobb-Winkel mit Korsett im Vergleich zum Winkel in der p.a. Röntgenaufnahme ohne Korsett nicht um mindestens 20% verbessert, wird das Korsett bis zu einer Verbesserung von mindestens 20% angepasst.

Den Patienten wird empfohlen, das Korsett 23 Stunden am Tag zu tragen und es nur zur Körperpflege und zu sportlichen Aktivitäten abzunehmen. Begleitend zur Korsetttherapie erfolgt eine physiotherapeutische Behandlung.

Bei progredienten Kurven mit einem Cobb-Winkel von >40° wird eine operative Therapie empfohlen.

In einem Abstand von sechs Monaten werden die Patienten in der Skoliosesprechstunde reevaluiert. Bei jeder Vorstellung in der Sprechstunde erfolgt eine umfassende klinische Untersuchung, sowie eine radiologische Verlaufskontrolle (Wirbelsäulenganzaufnahme in p.a. und lat.). Außerdem machen der Patient und seine Eltern Angaben zur Korsetttragezeit. Bei festgestellter Veränderung der skoliotischen Krümmung wird die Therapie entsprechend angepasst.

### 2.3.1. Fallbeispiele

Die folgenden Fallbeispiele stammen aus dem Patientenkollektiv der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf. Es wird der Therapieverlauf anhand der radiologischen Verlaufskontrollen gezeigt. Zur besseren Übersicht in den Abbildungen wird hier die 2-Strich-Methode dargestellt. Der Cobb-Winkel wurde mit Hilfe des PACS-Programms bestimmt.

#### 2.3.1.1. Fallbeispiel 1

Bei Therapiebeginn 13-jährige Patientin mit einer Skeletteife im Risser-Stadium I-II. Der initiale Cobb-Winkel beträgt  $45^\circ$  (Abb. 12a). Im Korsett beträgt der Winkel  $19^\circ$  (Abb. 12b). In den folgenden Röntgenkontrollen wird ein Winkel von  $26^\circ$  (Abb. 12c),  $28^\circ$  (Abb. 12d) und  $20^\circ$  (Abb. 12e) gemessen. Bei der letzten Röntgenkontrolle ist das Risserstadium V und somit die Korsettbehandlung aufgrund des Wachstumsendes abgeschlossen. Durch die eingeleitete Therapie konnte eine Verbesserung von  $25^\circ$  und somit mehr als eine Halbierung des Ausgangs-Cobb-Winkels erreicht werden. Dies wird als sehr positiver Therapieverlauf gewertet.

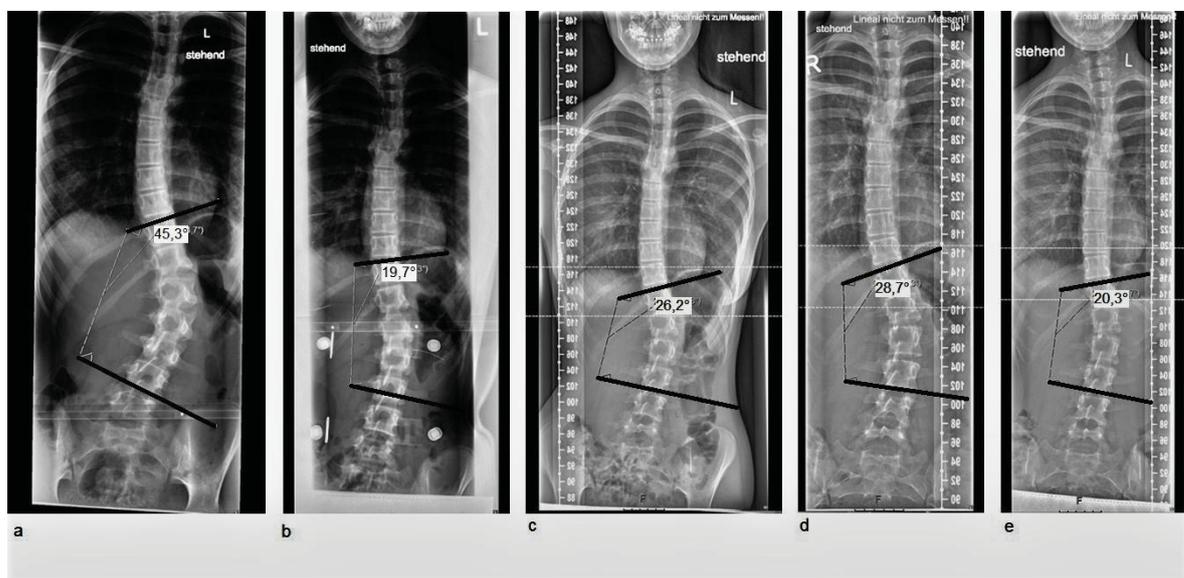


Abb. 12a: Erste Röntgenuntersuchung; b: Röntgenkontrolle im Korsett 2 Monate nach erster Röntgenkontrolle; c: 8 Monate nach erster Röntgenkontrolle; d: 15 Monate nach erster Röntgenkontrolle; e: 26 Monate nach erster Röntgenkontrolle

### 2.3.1.2. Fallbeispiel 2

Bei Therapiebeginn 15-jährige Patientin mit einer Skelettreife im Risser-Stadium I. Der initiale Cobb-Winkel beträgt  $19^\circ$  (Abb. 13a). Im Korsett beträgt der Winkel  $11^\circ$  (Abb. 13b). In den folgenden Röntgenkontrollen wird ein Winkel von  $13^\circ$  (Abb. 13c) und  $11^\circ$  (Abb. 13d) gemessen. Bei der letzten Röntgenkontrolle ist die Patientin 17 Jahre alt und das Risserstadium beträgt IV. Das Stadium der Skoliose konnte durch die Therapie vom moderaten ins leichte Stadium verbessert werden. Auch hier ist ein positiver Therapieverlauf erzielt worden.

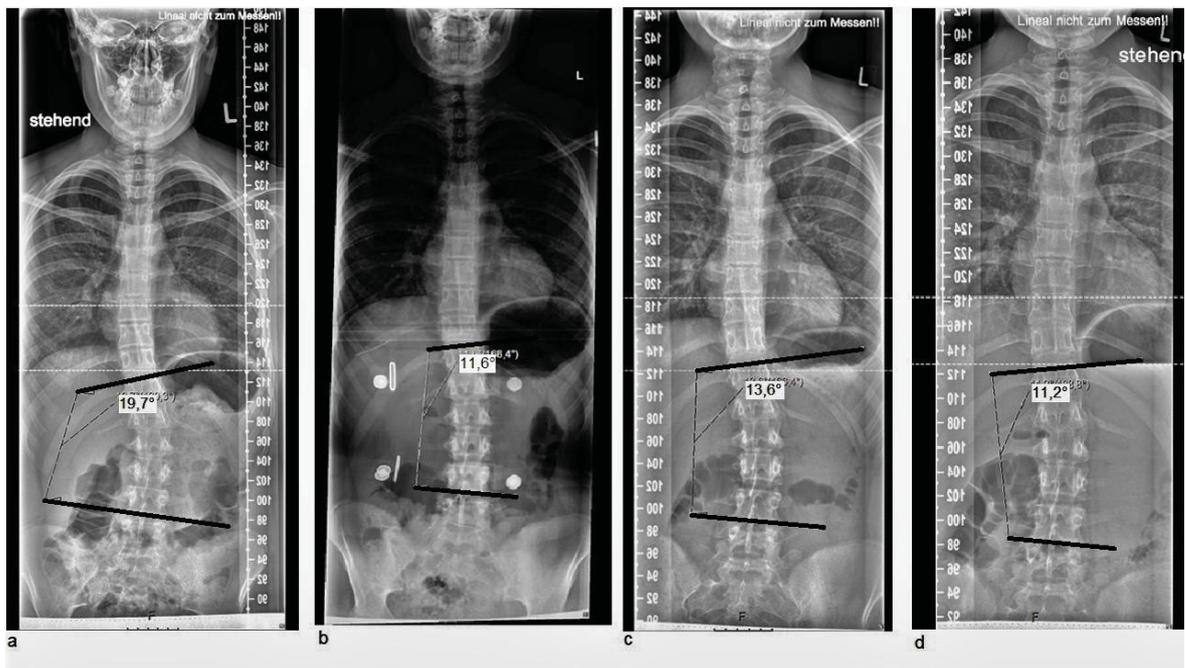


Abb. 13a: Erste Röntgenuntersuchung; b: Röntgenkontrolle im Korsett 1 Monat nach erster Röntgenkontrolle; c: 10 Monate nach erster Röntgenkontrolle; d: 20 Monate nach erster Röntgenkontrolle

### 2.3.1.3. Fallbeispiel 3

Bei Therapiebeginn 12-jährige Patientin mit einer Skelettreife im Risser-Stadium 0. Der initiale Cobb-Winkel im Korsett beträgt mit 12 Jahren  $25^\circ$  (Abb. 14a). Mit einem Alter von 13 Jahren beträgt der Cobb-Winkel im Korsett  $37^\circ$  (Abb. 14b). In den folgenden Röntgenkontrollen wird ein Winkel von  $36^\circ$  (Abb. 14c) und  $34^\circ$  (Abb. 14d) gemessen. Bei der letzten Röntgenkontrolle ist die Patientin 15,5 Jahre alt und das Risserstadium beträgt III-IV. Trotz der Korsetttherapie zeigte sich eine Verschlechterung der Skoliose vom moderaten ins schwere Stadium. Hier ist von einem Therapieversagen zu sprechen.

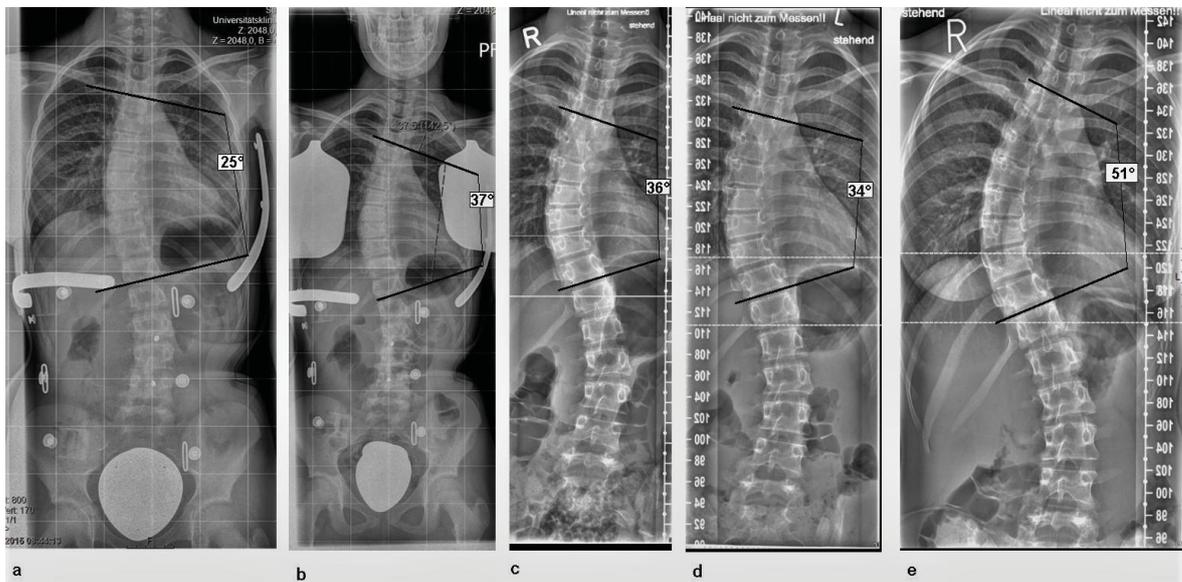


Abb. 14a: Erste Röntgenuntersuchung im Korsett, 12-jährige Patientin; b: Röntgenuntersuchung im Korsett, 13-jährige Patientin; c: Röntgenuntersuchung mit 13,5 Jahren; d: Röntgenuntersuchung mit 14 Jahren; e: Röntgenuntersuchung mit 15,5 Jahren

### 2.3.1.4. Fallbeispiel 4

Weibliche Patientin. Bei Erstvorstellung 10 Jahre und Risser 0. Der initiale Cobb-Winkel beträgt  $16^\circ$  (Abb. 15a). Die Menarche der Patientin war mit 11 Jahren. Die zweite Vorstellung der Patientin erfolgt 5 Jahre später mit 15 Jahren. Hier lag der Cobb-Winkel bei  $37^\circ$  und das Risser Stadium bei 4 (Abb. 15b). In der folgenden Röntgenkontrolle mit 16 Jahren wird ein Winkel von  $69^\circ$  (Abb. 15c) gemessen. Aufgrund dieser starken Progredienz und bestehendem Wachstumsschluss bei einem Risser Stadium von 5 entschied man sich für die operative Therapie. Die Abbildung 15d zeigt die postoperativen Röntgenbilder mit einer Wiederherstellung

der frontalen Balance. Dies ist ein Beispiel für einen progredienten Erkrankungsverlauf einer Patientin ohne durchgeführte konservative Therapie.

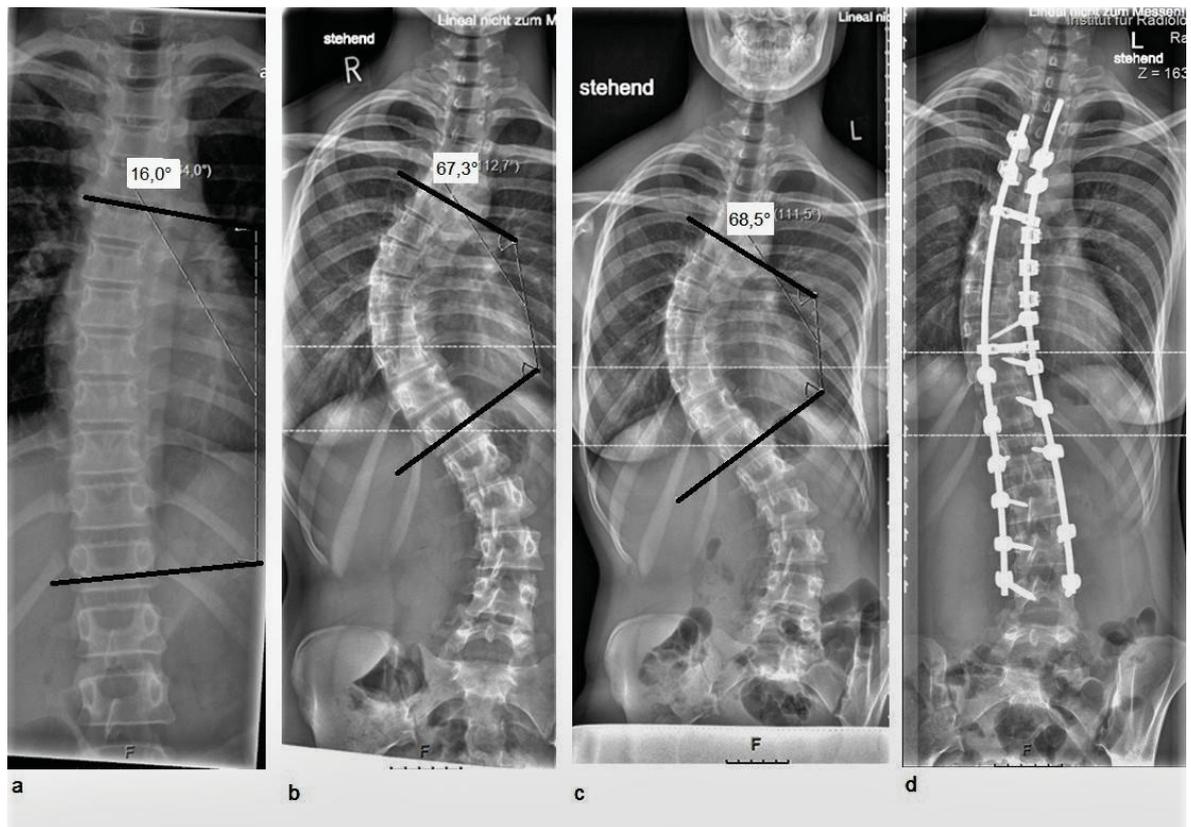


Abb. 15a: Erste Röntgenuntersuchung; b: 2. Vorstellung 5 Jahre nach Erstvorstellung; c: 6 Jahre nach erster Röntgenkontrolle; d: postoperativ p.a.

#### 2.4. Klinische Datengewinnung

Die klinische Datengewinnung erfolgte retrospektiv anhand von Aktenstudium und Aufnahme der elektronisch gespeicherten Daten der orthopädischen Klinik des UKD. Diese beruhten auf ambulanten Vorstellungen in der Wirbelsäulensprechstunde mit der Dokumentation des klinischen Status, Angaben von Patienten und Ihren Eltern zur Korsetttragezeit und auch auf stationären Aufenthalten. Der derzeit in unserer Skoliosesprechstunde angewandte Skoliosebogen war im Zeitraum der Datenerhebung noch nicht in Gebrauch. Aus Tabelle 3 und 4 ist zu entnehmen, welche Informationen zur Auswertung herangezogen wurden.

Datengewinnung	Inkludierte Daten
Klinisch	- Geburtsdatum - Geschlecht

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anzahl der Vorstellungen in der Sprechstunde</li> <li>- Zeitpunkt der Erstdiagnose</li> <li>- Zeit (in Monaten) von der Erstdiagnose bis zur Vorstellung im UKD</li> <li>- Zeitpunkt und Alter bei Menarche</li> <li>- Gewicht bei Skelettreife/ Letztem Follow-Up</li> <li>- Hat der Patient eine Korsetttherapie erhalten?</li> <li>- Alter bei Korsettstart und Korsettende</li> <li>- Zeitlicher Abstand zwischen Menarche und Korsettstart</li> <li>- Korsetttragezeit</li> <li>- Pause der Korsetttherapie</li> <li>- Hat der Patient eine operative Therapie erhalten?</li> <li>- Operationsort und Zeitpunkt</li> <li>- Alter bei der Operation</li> <li>- Zeit nach Menarche bei der Operation</li> <li>- Operationsverfahren</li> <li>- Operierte Segmente</li> <li>- Komplikationen im Rahmen der Operation</li> <li>- Klinikaufenthalt in Tagen</li> <li>- Behandlung auf der Intensivstation</li> <li>- Ist der Patient zufrieden mit der Operation?</li> <li>- Einschränkungen nach der Operation?</li> </ul>
<b>Telefonisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alter der Mutter und Alter des Vaters bei Geburt des Kindes</li> <li>- Familienanamnese zur Skoliose</li> <li>- Bildungsstand der Eltern</li> <li>- Raucherstatus der Eltern</li> <li>- Babyschwimmen</li> <li>- Schultasche (Rucksack oder Tasche) und Trageseite der Tasche</li> <li>- Händigkeit des Patienten</li> <li>- Schulabschluss des Patienten</li> <li>- Nichtversetzung in der Schule</li> <li>- Subjektive Beeinträchtigung der Skoliose</li> </ul>
<b>Radiologisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risser-Stadium bei Korsettstart und Korsettende</li> <li>- Cobb-Winkel im Korsett</li> <li>- Verbesserung des Cobb-Winkels im Korsett in Prozent</li> </ul>

	und in Winkelgrad - Risser-Stadium bei OP
--	--

**Tabelle 3: Einmalig erhobene Daten**

Es wurden je Patient vier Vorstellungen in die Auswertung einbezogen, auch wenn der Patient mehr Vorstellungen in der Sprechstunde hatte. Die erste und letzte Vorstellung in der Studie entspricht immer der ersten und letzten Vorstellung in der Sprechstunde. Die zweite und dritte aufgenommene Vorstellung wurde so ausgewählt, dass der zeitliche Abstand zwischen den in der Studie einbezogenen Vorstellungen vergleichbar ist. Zusätzlich wurden noch besondere Ereignisse in der körperlichen Entwicklung, zum Beispiel eine Vorstellung kurz nach der Menarche oder nach einem Wachstumsschub, bei der Auswahl der in die Studie aufgenommenen Vorstellungen mit einbezogen.

Die Erhebung der Korsetttragezeit erfolgte durch 3 Fragestellungen:

1. Wurde das Korsett in der Nacht getragen? Ein „ja“ wurde als 8 Stunden Tragezeit, ein „nein“ als 0 Stunden Tragezeit gewertet.
2. Wurde das Korsett in der Schule getragen? Ein „ja“ wurde als 8 Stunden Tragezeit, ein „nein“ als 0 Stunden Tragezeit gewertet.
3. Wie lange wurde das Korsett außerhalb der Schule und der Nacht getragen? Die durchschnittliche wöchentliche Zeit des vorausgegangenen Therapiezeitraumes wurde aufgezeichnet.

Die Stunden der Fragen 1-3 wurden addiert und die niedrigste Tragezeit angenommen, welche durch die Patienten oder ihre Eltern angegeben wurde.

Die Daten, welche zu jeder Vorstellung herangezogen wurden, sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Datengewinnung	Inkludierte Daten
Klinisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alter</li> <li>- Größe in cm</li> <li>- Wachstum in cm</li> <li>- Schulterdifferenz</li> <li>- Beckentiefstand</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beinlängendifferenz</li> <li>- Rippenbuckel</li> <li>- Lendenwulst</li> <li>- Wurde das Korsett getragen?</li> <li>- Korsetttragedauer</li> <li>- Wurde das Korsett in der Freizeit, in der Schule, in der Nacht und/oder im Urlaub getragen?</li> </ul>
<b>Telefonisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wurde das Korsett getragen?</li> <li>- Korsetttragedauer</li> <li>- Wurde das Korsett in der Freizeit, in der Schule, in der Nacht und/oder im Urlaub getragen?</li> <li>- Subjektive Einschränkung durch das Korsett?</li> <li>- Wurde Sport ausgeübt?</li> <li>- Sportart</li> <li>- Anzahl der Sportaktivitäten pro Woche</li> <li>- Anzahl der Sportstunden pro Woche</li> <li>- Schulsportstunden (1 Schulsportstunde =0,75h) pro Woche</li> <li>- Sportniveau (Hobby, Verein, Leistungssport mit Meisterschaften)</li> <li>- Teilnahme an Wettkämpfen</li> <li>- Physiotherapeutische Behandlung erhalten?</li> <li>- Anzahl der Physiotherapiebehandlungen pro Woche</li> <li>- Unterbrechungen der Physiotherapie</li> <li>- Häufigkeit der Eigenübungen zu Hause</li> <li>- Art der Physiotherapie (nach Schroth oder andere)</li> <li>- Dauer Rehabilitationsaufenthalt</li> </ul>
<b>Radiologisch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobb-Winkel der Seitverkrümmung mit Lokalisation</li> <li>- Vorhandensein einer Linkskonvexität</li> <li>- Risser-Stadium</li> <li>- Craniale oder caudale Hauptkurve = Kurve mit dem größten Cobb-Winkel, wenn &gt;1 gemessene Kurve</li> <li>- Sacral Slope</li> <li>- Thorakales sagitales Profil</li> </ul>

*Tabelle 4: Im Rahmen jeder Vorstellung erhobene Daten.*

## **2.5. Telefonische Datengewinnung**

75 der 108 Patienten stimmten der retrospektiven telefonischen Befragung zu. Die restlichen 33 Probanden stimmten nicht zu oder die aktuelle Telefonnummer lag nicht mehr vor. Telefonate wurden stets von der selben Person (Paula Hieronymus) mit den Patienten selbst oder deren Eltern geführt. Wenn Daten nicht schon aus dem Aktenstudium bekannt waren, dann wurden diese durch die telefonische Befragung ergänzt.

Außerdem wurden die in Tabelle 3 und 4 aufgeführten Punkte abgefragt.

## **2.6. Radiologische Datengewinnung**

Alle Röntgenbilder wurden von der gleichen Person (Paula Hieronymus) ausgewertet, um interindividuelle Abweichungen in den Messmethoden zu vermeiden (Malfair et al. 2010). Es wurde bei der ersten Vorstellung je ein Röntgenbild im p.a. und im lat. Strahlengang angefertigt. Bei allen weiteren Vorstellungen wurden nur noch Röntgenbilder in der p.a. Projektion durchgeführt. Die Messungen wurden an konventionellen auf Folie gedruckten Röntgenbildern und nach der Umstellung auf das PACS durchgeführten Röntgenuntersuchungen an digitalisierten Röntgenbildern vorgenommen. Der p.a. Strahlengang wurde gewählt, um die Strahlenbelastung der Mammae und des Thymus möglichst gering zu halten. Die p.a. Röntgenbilder wurden im Stehen in Neutralposition angefertigt. Die lat. Aufnahme wurde allgemein in rechtsanliegender Stellung durchgeführt. Bei starker Linkskonvexität wurden sie in linksanliegender Stellung durchgeführt. Eine etwaige Beinlängendifferenz wurde durch entsprechende Brettchenunterlagen ausgeglichen.

In Tabelle 3 und 4 sind noch einmal die Punkte der röntgenologischen Datengewinnung zusammengefasst.

### **2.6.1. Messung der seitlichen Wirbelsäulenverkrümmung**

Die Messung der seitlichen Wirbelsäulenverkrümmung wurde in dieser Arbeit nach der Cobb-Methode durchgeführt. Diese ist im Abschnitt 1.5.2.1. beschrieben. Alle Messungen wurden nach der 4-Strich-Methode durchgeführt.

In dieser Arbeit werden alle Wirbelsäulenverkrümmungen in der Frontalebene als Cobb-Winkel angegeben.

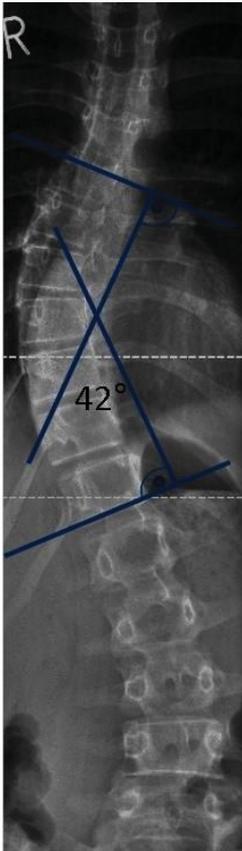


Abb. 16: Beispiel zur Anwendung der 4-Strich-Methode. 11-jährige Patientin bei der Erstvorstellung. 1 Jahr nach der Menarche. Cobb Winkel von 42°.

### 2.6.2. Bestimmung der Skelettreife

Die Bestimmung des Risser-Stadiums zur Einschätzung der Skelettreife ist im Abschnitt 1.5.2.2. beschrieben.



Abb. 17: Beispiel zur Bestimmung der Skelettreife nach Risser. Die Beckenkämme sind hier randständig abgeschnitten. Die Einstufung in das Risser-Stadium II jedoch möglich.

### 2.6.3. Messung des thorakalen sagittalen Profils

In dieser Arbeit wird die TK von der Deckplatte des BWK4 bis zur Bodenplatte des BWK12 gemessen. Eine Beschreibung zu dieser Messung ist im Abschnitt 1.5.2.3. zu finden.

### 2.6.4. Messung des Sacral Slope

Die Messung der Sakrumkipfung wird im Punkt 1.5.2.4. beschrieben.

## 2.7. Einteilung der Patienten in Gruppen und statistische Methoden

Die Erfassung und Bearbeitung der für diese Arbeit relevanten Daten erfolgte mit Microsoft Excel 2013.

Die Einteilung der Patienten in die Gruppen 1-3 erfolgte nach der durch Angaben von Patienten und Eltern ermittelten Korsetttragezeit in Stunden pro Tag und ist Tabelle 5 zu entnehmen.

Gruppe	Korsetttragezeit
1	<12h/Tag
2	12h-16h/Tag
3	>16h/Tag

*Tabelle 5: Gruppeneinteilung nach Korsetttragezeit*

Es wurde ein Konzept erstellt, welches möglichst zuverlässig die Korsetttragezeit erfassen sollte. Patienten und Eltern wurden zu jeder Vorstellung in der Sprechstunde 3 Fragen gestellt und die niedrigste berichtete Korsetttragezeit wurde festgehalten.

Frage 1: Wurde das Korsett in der Nacht getragen?

Frage 2: Wurde das Korsett in der Schule getragen?

Frage 3: Wie viele Stunden wurde das Korsett in der Freizeit getragen?

Die Beantwortung der „Ja“- und „Nein“-Fragen (Frage Nummer 1 und 2) ließ keinen Spielraum bezüglich der Stundenanzahl zu. Durch die Beantwortung der 3. Frage konnten zwischen 0 und 8 Stunden zur Korsetttragezeit hinzugefügt werden. Mögliche Bias zur Gruppenzuordnung der Patienten konnten hier sein:

1. Frage: Nur das Tragen während der gesamten Nacht wurde als „Ja“ und somit als 8 Stunden Tragezeit gewertet. In allen anderen Fällen wurden 0 Stunden notiert. Somit wurden auch 0 Stunden erfasst, wenn ein Patient das Korsett zu Beginn der Nacht getragen hat, es aber im Laufe der Nacht ablegte. Es ist davon auszugehen, dass Patienten ohne vorhandene Toleranz das Korsett in der Nacht zu tragen ihr Korsett eher zu Beginn der Nacht ablegen, als zum Ende der Nacht. Demnach erscheint es gerechtfertigt in diesen Fällen 0 Stunden zu erfassen.

2. Frage: Auch diese Frage wurde nur mit „Ja“ gewertet, wenn das Korsett während der gesamten Schulzeit getragen wurde. Ein diskontinuierliches Tragen wurde mit 0 Stunden gewertet. Die Gründe für Schulkinder das Korsett nicht in der Schule zu tragen scheinen unseren Erfahrungen nach vielmehr die psychosozialen Beeinträchtigungen durch die Interaktion mit ihrer Peer-Group als die körperlichen Unannehmlichkeiten der Korsetttherapie zu sein. Diese psychosozialen Gründe sind während der gesamten Schulzeit präsent, was eine niedrigere Tragedauer wahrscheinlicher macht und die Erfassung von 0 Stunden rechtfertigt.

3. Frage: Wurde das Korsett in der Freizeit nicht getragen, wurde dies mit 0h gewertet. Das Korsett nicht zu tragen lässt keine Variationsmöglichkeit in der Angabe der Korsetttragezeit in Stunden zu. Wurde das Korsett in der Freizeit diskontinuierlich getragen konnte die Antwort zwischen 1h-7h variieren. Eine Tragezeit von 8h in der Freizeit erscheint an Schultagen unrealistisch, da wir davon ausgehen, dass die Durchführung der Körperpflege während der Freizeit erfolgt und hierzu das Korsett abgelegt werden muss. Nur wenn Patienten das Korsett in der Nacht, in der Schule und mindestens 1h pro Tag in der Freizeit trugen, konnten sie der Gruppe 3 zugeteilt werden. Sollte die Antwort auf die Frage 3 nicht den Tatsachen entsprechen, wären die daraus resultierenden Konsequenzen nicht gravierend. Eine ungenaue Angabe würde nicht dazu führen, dass die Einteilung zwischen Gruppe 2 und 3 verändert wird. Eine Übersicht zur Entstehung der Gruppenzuordnung (Gruppe 1 – 3) bietet Tabelle 6.

<b>Frage 1</b>	<b>Frage 2</b>	<b>Frage 3</b>	<b>Gruppenzuordnung</b>
Antwortmöglichkeiten Ja = 8h Nein = 0h	Antwortmöglichkeiten Ja = 8h Nein = 0h	Antwortmöglichkeiten 0h-8h	Gruppe 1: <12h/Tag Gruppe 2: 12h-16h/Tag Gruppe 3: >16h/Tag
Ja	Ja	1-8	Gruppe 3
Ja	Ja	0	Gruppe 2
Ja	Nein	4-8	Gruppe 2
Nein	Ja	4-8	Gruppe 2
Ja	Nein	0-3	Gruppe 1
Nein	Ja	0-3	Gruppe 1
Nein	Nein	0-8	Gruppe 1

**Tabelle 6: Entstehungsmöglichkeiten zur Gruppenzuordnung zu den Gruppen 1, 2 und 3**

Außerdem wurden die Patienten nach ihren geleisteten Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule in zwei Gruppen eingeteilt (Tabelle 7).

<b>Gruppe</b>	<b>Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule</b>
<b>A</b>	<1h
<b>B</b>	≥1h

**Tabelle 7: Gruppeneinteilung nach Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule**

Die statistischen Berechnungen wurden mit dem Programm SPSS 23 (©IBM) erstellt.

Die Prüfung auf Normalverteilung der Variablen erfolgte mittels Kolmogorov-Smirnov-Test.

Mit dem Einstichproben T-Test wurden die Unterschiede des mütterlichen Alters bei Geburt der Patienten und des Raucherstatus' der Eltern der Patienten zu Mittelwerten der Bevölkerung analysiert. Für diesen Test gelten folgende Bedingungen: Die Populationen sind unabhängig, die untersuchte Variable ist quantitativ, die Werte der Populationen sind normalverteilt und die Varianzen der Normalverteilungen sind gleich.

Da bei den Populationen der Gruppen 1-3 keine Normalverteilung vorliegt, wurden ihre Mediane mit dem nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Test auf Unterschiede der Progression verglichen. Die Bedingungen dieses Tests lauten: Die Populationen sind unabhängig und sie haben annähernd dieselbe Verteilung. Mit diesem Test wird geprüft, ob sich die drei Gruppen hinsichtlich der Progressionsrate voneinander unterscheiden, ohne zu wissen, welche Gruppen genau sich voneinander unterscheiden und welche eventuell nicht unterschiedlich sind.

Um zu überprüfen, ob es einen Unterschied in der Progression des Cobb-Winkels zwischen den beiden Gruppen von besonderem Interesse gibt (Gruppe 2+3), wurde im Anschluss an den Kruskal-Wallis-Test der Mann-Whitney-U-Test eingesetzt.

Auch um die beiden Gruppen der Einteilung Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule auf einen Unterschied in der Zunahme des Cobb-Winkels zu untersuchen, wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Weiterhin wurde die pearsonsche Korrelation der Variablen „BMI bei Skelettreife“ und „Zunahme des Cobb-Winkels“ bestimmt. Auch wurde überprüft, ob eine Korrelation zwischen der Variable „Durchschnittliches Alter bei der Menarche“ und den beiden Variablen „initialer Cobb-Winkel“ und „Progression des Cobb-Winkels“ existiert.

In dieser Arbeit wurde zudem eine binäre logistische Regressionsanalyse (schrittweise, rückwärts) durchgeführt, um zu überprüfen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass es einen Einfluss der Variablen auf die Zunahme des Cobb-Winkels gibt. Getestet wurde auf eine Zunahme des Cobb-Winkels um  $\geq 5^\circ$  als eine dichotome Ergebnisvariable. In die Analyse inkludiert wurden die Anzahl an physiotherapeutischen Eigenübungen pro Woche, der Bildungsstand der Eltern, die Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose, die Ernährungsform, die Art des Tragens der Schultasche sowie der Bildungsstand des Patienten.

Das Signifikanzniveau wurde in allen Tests mit  $p < 0,05$  festgelegt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Deskriptive Daten

#### 3.1.1. Demographische Daten des Patientenkollektivs

Wir analysierten die Daten von 601 Patienten, welche sich in unserer Skoliosesprechstunde vorstellten. 90% der Patienten stellten sich mit einer AIS vor und ein Drittel der Patienten hatte einen Cobb-Winkel  $20^\circ$  oder mehr. Von diesen 178 Patienten hatten 85 die körperliche Reife nicht erreicht und 13 Patienten konnten nicht nachuntersucht werden. So konnten wir mittels der Ein- und Ausschlusskriterien 72 Patienten in diese Studie inkludieren. Die Geschlechterverteilung liegt mit 61 (86%) weiblichen und 11 (15%) männlichen Patienten bei 5,5:1. (Koniczny et al. 2017)

Das mittlere Alter lag bei Erstvorstellung bei 13 Jahren (SD 1,74 Jahre) und bei der letzten Vorstellung bei 17 Jahren (SD 2,62 Jahre).

Siebenundvierzig Patienten stellten sich initial weniger als ein Jahr nach der Menarche und/oder einem Risser Stadium  $<3$  vor.

Neun Patienten stellten sich initial ein Jahr nach der Menarche (11-12 Monate) und/oder mit einem Risser Stadium von 3 vor.

Bei 16 Patienten konnte nicht ermittelt werden, ob sie weniger als ein Jahr nach der Menarche oder ein Jahr nach der Menarche vorstellig wurden und/oder, ob sie ein Risser Stadium von  $<3$  oder 3 hatten. Dies lag zum einen an einem unpräzisen Erinnerungsvermögen der Patienten und der Eltern und zum anderen an einer nicht möglichen Differenzierung zwischen Risser 2 und 3. Diese ungenaue Unterscheidung war in diesen Fällen in der radiografischen Abschirmung (verdeckter Beckenkamm oder unscharfe Abbildung des Beckenkamms) begründet. (Koniczny et al. 2017)

Das mittlere Alter bei der Menarche lag bei 12,29 Jahren (SD 0.16 Jahre). Der mittlere BMI bei Skelettreife lag bei 21 (SD 2,62), bei 23 Patienten lagen keine ausreichenden Angaben zum BMI vor. (Koniczny et al. 2017)

Tabelle 8 fasst die demographischen Daten zusammen.

<b>Merkmal</b>	<b>Ergebnis</b>
<b>Anzahl inkludierter Patienten</b>	72
<b>Geschlechterverhältnis w:m</b>	5,5:1
<b>Mittleres Geburtsjahr</b>	1995
<b>Mittleres Alter bei Erstvorstellung (Jahre)</b>	13,00
<b>Mittleres Alter bei letzter Vorstellung (Jahre)</b>	17,11
<b>Erstvorstellung &lt;1Jahr nach der Menarche und/oder Risser Stadium &lt;3 (Patienten)</b>	47 (64,4%)
<b>Erstvorstellung 1Jahr nach der Menarche (11-12 Monate) und/oder Risser Stadium 3 (Patienten)</b>	9 (12,3%)
<b>Nicht ermittelbar, ob Erstvorstellung &gt; 1 Jahr nach der Menarche oder 1 Jahr nach der Menarche und/oder Risser Stadium von &lt;3 oder 3 (Patienten)</b>	16 (21,9%)
<b>Mittleres Alter bei Menarche (Jahre)</b>	12,29
<b>Mittlerer BMI bei Skelettreife</b>	21

*Tabelle 8: Demographische Daten*

### **3.1.2. Vorstellungen in der Wirbelsäulensprechstunde**

Die mittlere Zeit zwischen der Diagnosestellung und der Vorstellung in unserer Klinik lag bei 8,31 Monaten (SD 1,91 Monate). Die mittlere Behandlungsdauer von der ersten bis zur letzten Vorstellung betrug 4,40 Jahre (SD 0,21 Jahre). (Konieczny et al. 2017) Im Mittel bestanden 9 Vorstellungen pro Patient in unserer Sprechstunde (SD 3,55).

### **3.1.3. Auswertung der Cobb-Winkel**

Der mittlere Cobb-Winkel bei der Erstvorstellung lag bei 35,9° (SD 1,5°). Die mittlere Progression des Cobb-Winkels während der Skoliosebehandlung lag bei 6,9° (SD 1,3°). (Konieczny et al. 2017)

### 3.1.4. Ergebnisse der klinischen Untersuchung der Skoliose

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung werden in der Abbildung 18 dargestellt.

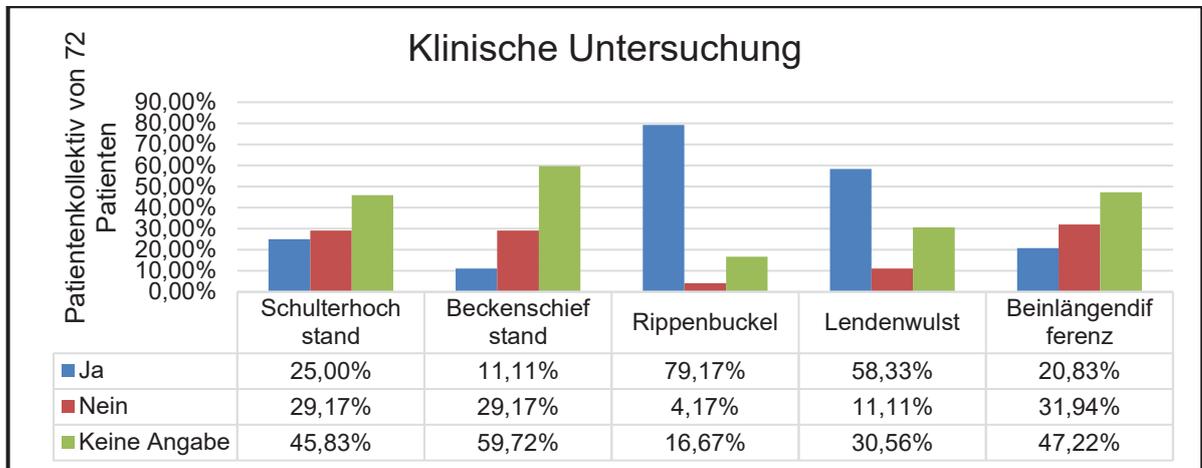


Abb. 18: Ergebnisse der klinischen Untersuchung. Von einem Schulterhochstand spricht man, wenn die Schulter auf der einen Seite höher steht, als auf der anderen. Ein Beckenschiefstand bedeutet, dass das Becken im Stand auf beiden Beinen nicht waagrecht steht.

### 3.1.5. Korsetttherapie

Sechshundsechzig von 72 inkludierten Patienten machten Angaben zur Korsetttragezeit. Sechs Patienten machten keine Angaben zur Korsetttragezeit. 36,11% der Patienten gaben an, das Korsett in der Schule getragen zu haben. 50,93% gaben an, das Korsett in der Nacht getragen zu haben. 49,07% gaben an, das Korsett in der Freizeit getragen zu haben und 30,56% gaben an, das Korsett im Urlaub getragen zu haben. Da Jede Tageszeit für alle Patienten einzeln betrachtet wird und einige Patienten ihr Korsett kombiniert zu unterschiedlichen Tageszeiten tragen, entsteht zusammengerechnet ein Prozentwert >100%. Eine Übersicht bietet Abbildung 19.

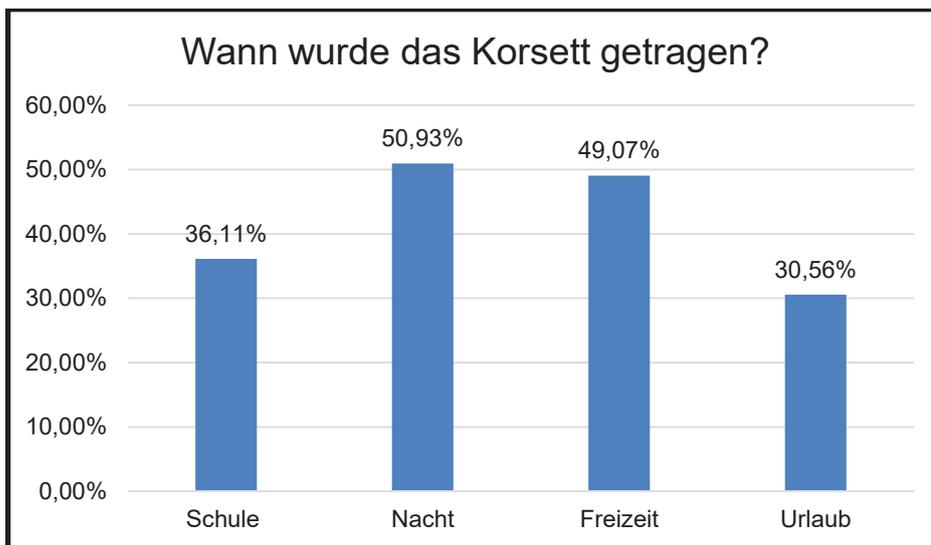


Abb. 19: Situationen, in welchen das Korsett getragen wurde

Die Patienten sind anhand der Korsetttragezeit den Gruppen 1 bis 3 zugeteilt worden. Dies sowie der Anteil der Patienten mit einer Progression der Skoliose um  $\geq 5^\circ$  des Cobb-Winkels wird in der Tabelle 9 dargestellt.

Gruppe 1-3	Patienten mit einer Progression $\geq 5^\circ$	%
<12h pro Tag	18 von 28	64,3
12-16h pro Tag	6 von 13	46,2
>16h pro Tag	8 von 25	32,0

Tabelle 9: Gruppeneinteilung nach Korsetttragezeit und Patienten mit einer Progression der Skoliose um  $\geq 5^\circ$  (Konieczny et al. 2017)

Die übrigen deskriptiven Daten bezüglich der Korsetttherapie werden in der Tabelle 10 dargestellt.

Merkmal	Mittelwert	Standartabweichung
Alter bei Korsettstart	12,72 Jahre	1,42
Alter bei Korsettende	15,90 Jahre	1,56
Risserstadium bei Beginn der Korsettbehandlung	Risserstadium 1,97	1,38
Risserstadium bei Korsettende	Risserstadium 4,52	0,97

<b>Abstand zur Menarche bei Korsettstart</b>	4,23 Monate	15,56
<b>Abstand zur Menarche bei Korsettende</b>	40,98 Monate	17,77
<b>Mittlerer Cobb-Winkel im Korsett</b>	25,95°	9,95
<b>Durchschnittliche Verbesserung des Cobb-Winkels im Korsett im gesamten Patientenkollektiv</b>	9,55°	8,37
<b>Durchschnittliche Verbesserung des Cobb-Winkels im Korsett im gesamten Patientenkollektiv</b>	26,62%	22,17
<b>Durchschnittliche Stunden/d im Korsett im gesamten Patientenkollektiv</b>	14,31h	7,06

*Tabelle 10: Korsetttherapie deskriptive Daten*

### 3.1.6. Sportverhalten und physiotherapeutische Eigenübungen

Die mittlere Anzahl der Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule lag bei 2,0h (SD 0,3h) (Konieczny et al. 2017).

13% (8 von 60 Patienten) der Patienten gaben an, keine physiotherapeutischen Eigenübungen zu Hause durchzuführen. 27% (16 von 60 Patienten) gaben an, selten (1-2 Mal/Woche) Eigenübungen durchzuführen. 32% (19 von 60 Patienten) gaben an, regelmäßig (3-4 Mal/Woche) Eigenübungen durchzuführen. 28% (17 von 60 Patienten) gaben an, täglich (5-7 Mal/Woche) Eigenübungen durchzuführen. Bei 12 Patienten lagen keine Angaben zu Eigenübungen vor. Eine Übersicht bietet Abbildung 20.

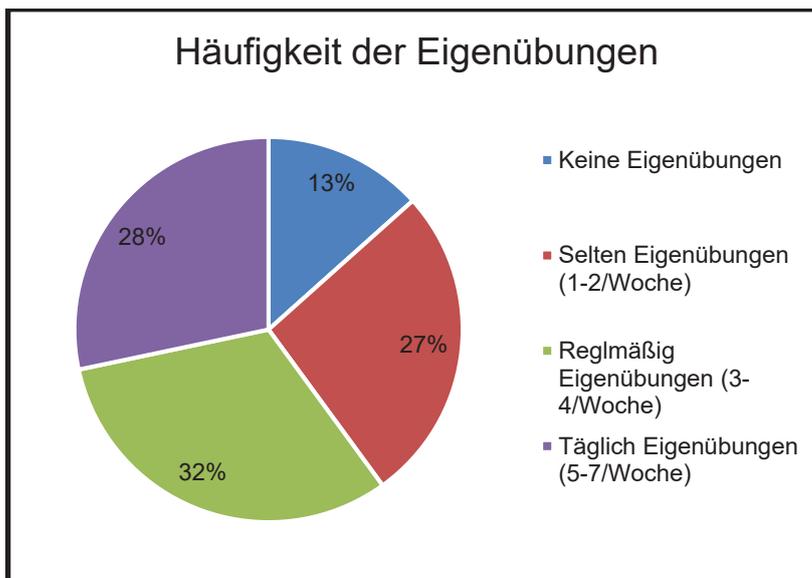


Abb. 20: Häufigkeit der Eigenübungen pro Woche

### 3.1.7. Familienanamnese, Bildungsgrad und Lebensgewohnheiten/Lebensstil

Das mittlere Alter der Mutter bei Geburt des Kindes war 28,9 Jahre (SD 0,6 Jahre).

Bei 49% (28 von 57 Patienten) der Patienten rauchte mindestens ein Elternteil, wobei bei 15 Patienten die Eltern diese Frage nicht beantworteten.

Eine positive Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose lag bei 43,9% (25 von Siebenundfünfzig Patienten, 15 Patienten beantworteten diese Frage nicht) der Patienten vor. Bei 8 Patienten (14%) war ein Elternteil und bei 6 Patienten (10,5%) beide Elternteile betroffen. Geschwister oder Verwandte zweiten Grades waren bei 11 Patienten (19,3%) betroffen.

Zweiundzwanzig von 57 Eltern (38%) (15 Eltern beantworteten die Frage nicht), hatten keine abgeschlossene Berufsausbildung, 9 (15%) hatten eine Ausbildung abgeschlossen und 26 (45,6%) hatten einen akademischen Abschluss.

Dreißig von 51 Patienten (58,9%) (21 Patienten beantworteten diese Frage nicht) besuchten ein Gymnasium, 16 Patienten (31,4%) besuchten eine Realschule und 5 Patienten (9,8%) eine Hauptschule.

Fünf von 57 (15 Patienten beantworteten die Frage nicht) Patienten (8,8%) waren Vegetarier, alle anderen Patienten gaben keine besondere Diät oder Ernährungsformen an.

Zweiundvierzig von 57 Patienten (73,7%) (15 Patienten beantworteten diese Frage nicht) nahmen nicht an einem Baby-Schwimmen teil, wobei 13 Patienten (22,8%) daran teilnahmen.

Einunddreißig von 56 Patienten (55,4%) (16 Patienten beantworteten diese Frage nicht) trugen ihre Schultasche auf einer Schulter und 25 Patienten (44,6%) trugen sie auf beiden Schultern. (Konieczny et al. 2017)

Vier Patienten (7,4%) waren Linkshänder und 50 von 54 Patienten (92,6%) waren Rechtshänder (18 Patienten beantworteten die Frage nicht).

## **3.2. Statistische Auswertung**

### **3.2.1. Korsetttragezeit**

Progression der Skoliose um  $\geq 5^\circ$ :

Gruppe 1 (<12h pro Tag): 18 von 28 Patienten (64,3%)

Gruppe 2 (12-16h pro Tag): 6 von 13 Patienten (46,2%)

Gruppe 3 (>16h pro Tag): 8 von 25 Patienten (32,0%). (Konieczny et al. 2017)

Der Kruskal Wallis Test zeigte, dass es zwischen der Gruppe 1, sowie 2 und 3 in Bezug zur Progression der Skoliose einen signifikanten Unterschied gibt ( $p < 0,05$ ).

Zwischen der Gruppe 2 und 3 liegt hier wiederum kein signifikanter Unterschied vor ( $p > 0,05$ ). (Konieczny et al. 2017) Es wurden nicht alle Gruppen (Gruppe 1+3 und Gruppe 1+2) mit einander verglichen, um eine Kumulation des  $\alpha$ -Fehlers zu vermeiden. Die Power-Analyse wurde mit G-Power durchgeführt. Die statistische Stärke dieses Tests liegt bei 0,88 ( $1-\beta$ ) (Faul et al. 2009; Faul et al. 2007), bei einer Effektgröße von 2.

### **3.2.2. Raucherstatus der Eltern**

Im Vergleich zu den Daten des Statistischen Bundesamtes von 1999 ist die Wahrscheinlichkeit ein Raucher zu sein unter den Eltern der Patienten unserer Kohorte signifikant unterschiedlich ( $p < 0,05$ ) (Konieczny et al. 2017). 1999 lag die Wahrscheinlichkeit ein Raucher zu sein in der Gesamtbevölkerung bei 0,38 (Statistisches Bundesamt. Zweigstelle Bonn [Destatis (BN)]. 1999). In unserer

Gruppe lag die Wahrscheinlichkeit, dass mindestens ein Elternteil Raucher ist, bei 0,49 (Konieczny et al. 2017). Getestet wurde mit einem zweiseitigen T-Test.

### **3.2.1. Alter der Mutter bei der Geburt des Kindes**

Die Daten des „Gender Reports“ (Waltraud Cornelißen 2005) zeigen, dass das mittlere Alter der Mutter bei Geburt des Kindes im Jahr 2000 bei 28,8 Jahren liegt. In einem einstichproben T-Test zeigte sich kein signifikanter Unterschied zu unserer Gruppe ( $p > 0,05$ ) (Konieczny et al. 2017).

### **3.2.4. Sportstunden pro Woche außerhalb der Schule und Sportniveau**

Wir unterteilten unsere Patienten in 2 Gruppen (Siehe Tabelle 7). Zur Gruppe A (<1h Sport pro Woche außerhalb der Schule) konnten 18 Patienten und zur Gruppe B ( $\geq 1$ h Sport pro Woche außerhalb der Schule) 44 Patienten zugeteilt werden. 10 Patienten antworteten nicht auf diese Frage. Durch den Mann-Whitney-U-Test konnte kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Progression des Cobb-Winkels festgestellt werden ( $p > 0,05$ ) (Konieczny et al. 2017).

### **3.2.5. BMI**

Zwischen dem BMI bei Skelettreife und der Zunahme des Cobb-Winkels konnten wir keine signifikante Korrelation (Pearson) feststellen ( $p = 0,193$ ) (Konieczny et al. 2017).

### **3.2.6. Andere Faktoren**

In der binären logistischen Regressionsanalyse in Bezug auf den Einfluss auf die Progression des Cobb-Winkels konnte keiner der nachfolgend genannten Faktoren in die endgültige Gleichung einbezogen werden: Anzahl an physiotherapeutischen Eigenübungen pro Woche, der Bildungsstand der Eltern, die Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose, die Ernährungsform, die Art der Schultasche und der Bildungsstand des Patienten. Das heißt, es konnte nicht

gezeigt werden, dass es einen Einfluss einer der oben genannten Variablen auf die Zunahme des Cobb-Winkels gibt.

Das mittlere Alter bei der Menarche zeigte weder mit dem initialen Cobb-Winkel, noch mit der Progression der Skoliose eine Korrelation ( $p > 0,05$ ). (Konieczny et al. 2017)

## 4. Diskussion

### 4.1. Korsetttragezeit und Compliance

Die Wirksamkeit der Korsetttherapie ist bewiesen (Nachemson und Peterson 1995; Weinstein et al. 2013). Zu den Parametern Korsetttragezeit und Compliance findet sich im Abschnitt 1.6.2.2.1. und 1.6.2.2.2. eine ausführliche Darstellung der aktuellen Studienlage. Die aktuellen SOSORT-Leitlinien (Negrini et al. 2012) basieren auf einer Delphi-Prozedur. Es wird eine Tragezeit von 23h (mindestens 18h) empfohlen (Negrini et al. 2012). Andererseits korreliert die verschriebene Korsetttragezeit negativ mit der Compliance (Katz et al. 2010; Morton et al. 2008; Weinstein et al. 2013). Eine niedrige Compliance wiederum korreliert negativ mit der Progressionsrate (Weinstein et al. 2013; Katz et al. 2010). Weiterhin besteht eine positive Korrelation zwischen der Korsetttragezeit pro Tag und dem Auftreten einer Depression (Misterska et al. 2010). Dieses Dilemma resultiert aus den aktuellen Leitlinien (Negrini et al. 2012) und war uns Motivation zur vorliegenden Studie.

In dieser Arbeit wird bezüglich der Progression der Skoliose ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 (<12h, 12-16h und >16h pro Tag) festgestellt. Es liegt bezüglich der Progression der Kurve allerdings kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe 2 (12-16h pro Tag) und 3 (>16h pro Tag) vor. (Konieczny et al. 2017) Die Gruppenunterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 und den Gruppen 1 und 3 wurden nicht getestet, um eine Kumulation des  $\alpha$ -Fehlers zu vermeiden.

Wird das Korsett also unter 12 Stunden pro Tag (Gruppe 1) getragen besteht in unserer Kohorte ein erhöhtes Progressionsrisiko. Weiterhin lässt sich daraus schließen, dass eine Korsetttragezeit von 12-16h pro Tag (Gruppe 2), im Vergleich zu 16-23h pro Tag (Gruppe 3) in unserer Kohorte kein erhöhtes Progressionsrisiko mit sich bringt.

Würde ein neues Therapieregime mit einer Tragezeit von 16h statt 23h pro Tag gleich effektiv sein, so wären folgende Vorteile gegeben:

Die Patienten könnten einen korsettfreien Teil des Tages wählen, welchen sie mit Korsett als besonders belastend empfinden würden. In dieser Studie wird deutlich, dass die Compliance in der Schulzeit (36,11% der Patienten trugen Ihr Korsett in

der Schule) und im Urlaub (30,56% der Patienten trugen Ihr Korsett im Urlaub) am geringsten ist (siehe Abbildung 19). Dies deutet darauf hin, dass die psychisch am stärksten belastende Tragezeit die Schulzeit (während der Interaktion mit der Peer-Group) ist, was auch in der Studie von Green et al. (Green 1986) bestätigt wird und unserer klinischen Einschätzung entspricht. Auch die Toleranz, das Korsett im Urlaub zu tragen, könnte durch eine Tragezeit von 16h gesteigert werden, da Patienten das Korsett zum Beispiel während eines Strandaufenthaltes nicht tragen müssten.

Allein das vorgegebene Therapieziel, von 16h Tragezeit pro Tag, tatsächlich zu erreichen, kann motivierend wirken, die Therapie konsequent fortzuführen. Gleichzeitig würden die Patienten weniger Enttäuschung oder Schuldgefühle durch ein Nicht-Erfüllen therapeutischer Vorgaben erleiden, was weniger psychischen Stress bedeuten würde. Zusammengefasst würde die Compliance verbessert und damit die Progressionsrate gesenkt werden.

Ein Nachteil besteht allerdings darin, dass die Compliance bei 16h Tragezeit pro Tag über 75% liegen müsste, um eine Progression zu verhindern. Falls die Compliance mit der reduzierten verordneten Tragedauer von 16h pro Tag konstant bei 62,22% (Wert aus dieser Arbeit) bleibt, ergäbe sich eine Tragezeit von unter 12h pro Tag, wodurch sich die Progressionsrate nach den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit verschlechtern würde.

Es sollte grundsätzlich zwischen der tatsächlichen Korsetttragezeit pro Tag (die Stundenzahl zu welcher das Korsett getragen wird) und der verordneten Korsetttragezeit unterschieden werden.

Ist die tatsächliche durchschnittliche Korsetttragezeit bei einer Verordnungszeit von 23h und 16h wohlmöglich gleich? Die tatsächliche Korsetttragezeit ist bei O'Neill et al. (O'Neill et al. 2005) mit 14,15h (Übergewichtige und Nicht-Übergewichtige zusammen) und in dieser Studie mit 14,31h Korsetttragezeit ähnlich. O'Neill verordnete nur 18h pro Tag. In dieser Studie wurden 23h verordnet, wobei nur 15 von 66 Patienten (22,73%) eine Korsetttragezeit von >20h pro Tag angaben (Koniczny et al. 2017). Die Compliance ist in unserer Studie mit 62,22% also geringer als bei O'Neill mit 78,61%. Dies entspricht Aussagen anderer Arbeitsgruppen: Die täglich verordnete Korsetttragedauer korreliert

negativ mit der Compliance (Katz et al. 2010; Morton et al. 2008; Weinstein et al. 2013). Zur Verdeutlichung dient die Abbildung 21.

Ein Therapieregime von 16h würde demnach eine höhere Compliance erzielen, als ein Regime mit 23h Korsetttragezeit pro Tag. Die tatsächliche Tragezeit würde also nicht unter 12 Stunden pro Tag fallen. Außerdem ist der Motivationsfaktor für die Patienten, das Korsett bei einer verordneten Korsetttragezeit von 23h pro Tag so häufig wie möglich zu tragen, somit entkräftet.

a) Verordnete Korsetttragezeit (h/d) x Compliance (%) = Tatsächliche Korsetttragezeit (h/d)		
b) 23h/d	x 62,22%	= 14,31h/d
c) 18h/d	x 78,61%	= 14,15h/d

*Abb. 21a: Allgemeine Gleichung zur Errechnung der tatsächlichen Korsetttragezeit; b: Anwendung der Gleichung in dieser Studie; c: Anwendung der Gleichung bei O'Neill et al (O'Neill et al. 2005)*

Nach einer Metaanalyse von Rowe et al. (Rowe et al. 1997) ist ein Therapieregime mit einer Korsetttragezeit von 23h signifikant effektiver, als eines mit 16h oder 8h Tragezeit pro Tag. Die Compliance, gemessen an der tatsächlichen Korsetttragezeit, wird bei Rowe et al. allerdings nicht berücksichtigt. Weiterhin wurden Studien mit inhomogenen Therapieregimen und Studiendesigns einbezogen und es existiert keine einheitliche Definition der Progression der Skoliose. Es wurden unterschiedliche Skoliosetypen einbezogen und unterschiedliche Korsetttypen verwendet. Aus diesen Gründen lässt sich das Ergebnis von Rowe et al. nicht auf das Patientenkollektiv dieser Studie (skelettunreife Patienten mit AIS) beziehen.

Nachemson et al. (Nachemson und Peterson 1995) stellten in ihrer Studie mit einem Therapieregime von 16h und einem Patientenkollektiv von 111 Patienten fest, dass nach 3 Jahren Korsetttherapie, die Erfolgsrate eine Progression (von  $\geq 6^\circ$ ) zu verhindern, bei 80% liegt, nach 4 Jahren bei 74%. In der Studie von Green et al. (Green 1986) ergab sich unter einem Therapieprotokoll von 16h eine Erfolgsrate von 91% (4 von 44 Patienten zeigten eine Verschlechterung von  $\geq 5^\circ$ ). In beiden Studien wurde allerdings die tatsächliche Korsetttragezeit und damit die Compliance nicht berücksichtigt, weshalb sie nicht mit den Ergebnissen dieser Studie verglichen werden können.

## 4.2. Progression der Skoliose

Aus zahlreichen Arbeitsgruppen (siehe Abschnitt 1.7.1.) wird berichtet, dass ein großer initialer Cobb-Winkel positiv mit der Progressionsrate der Skoliose korreliert. Der mittlere Cobb-Winkel bei Erstvorstellung in unserer Studie liegt bei  $35,9^\circ$ , womit der Durchschnitt der Patienten als moderate AIS einzustufen ist. Dies erklärt auch die hohe mittlere Progressionsrate in dieser Studie ( $6,9^\circ$ ). Patienten mit weniger ausgeprägten Kurven stellen sich, nachdem die Therapie eingeleitet wurde, erfahrungsgemäß selten in einem speziellen Skoliosezentrum vor.

Eine weitere Erklärung für die hohe mittlere Progressionsrate dieser Studie ist die geringe Compliance von 62,22% (lediglich 22,73% der Patienten gaben eine Korsetttragezeit von  $>20\text{h an}$ ), da die Compliance negativ mit der Progressionsrate korreliert (Weinstein et al. 2013; Katz et al. 2010).

## 4.3. Raucherstatus der Eltern

Die Recherche in der digitalen Datenbank Pub-Med zum Raucherstatus der Eltern im Zusammenhang mit der AIS ergab keine Ergebnisse. Das Rauchverhalten der Eltern ist jedoch ein Risikofaktor für verschiedene kindliche Erkrankungen und Syndrome, wie dem plötzlichen Kindstod (Liebrechts-Akkerman et al. 2011), kindlichem Übergewicht (Wideroe et al. 2003) oder Asthma (Jaakkola et al. 2006). Deshalb erscheint es sinnvoll zu sein, diesen Faktor auch im Zusammenhang mit der AIS näher zu untersuchen. Der Raucherstatus der Eltern als Primärprävention der Skoliose wäre leicht zu beeinflussen, da die Patienten der Exposition dem Rauch gegenüber entzogen werden können.

In dieser Arbeit wurde ein signifikanter Unterschied des Patientenkollektivs zu der Kontrollgruppe (Statistisches Bundesamt. Zweigstelle Bonn [Destatis (BN)]. 1999) gefunden (Konieczny et al. 2017). Das heißt, die Eltern unserer Patienten sind mit einer höheren Wahrscheinlichkeit Raucher, als die Durchschnittsbevölkerung.

Es wurde in dieser Studie kein Unterschied gemacht, ob nur ein Elternteil raucht oder beide Elternteile rauchen.

Für weitergehende Untersuchungen wird es erforderlich, den Raucherstatus der Eltern detaillierter abzufragen. Mögliche Fragen wären: Haben Mutter oder Vater während der Schwangerschaft geraucht? Haben die Eltern zur Säuglingszeit oder

im Kleinkindalter geraucht? War das Kind dem Zigarettenrauch direkt ausgesetzt? Haben beide Eltern gleichzeitig geraucht? Es sind weitere Studien notwendig, um genauere Aussagen über den Einfluss dieses Faktors auf die Inzidenz und Progressionsrate der AIS treffen zu können.

#### **4.4. Alter der Mutter bei Geburt des Kindes**

In unterschiedlichen Studien wird ein Zusammenhang zwischen mütterlichem Alter bei der Geburt des Kindes und der Prävalenz der Skoliosen vermutet (Grivas et al. 2006; George und Fisher 1967; Wynne-Davies 1968; Ryan und Nachemson 1987).

Im Gegensatz dazu wurden in der Studie von Enslein et al. (Enslein und Chan 1987) (Kontrollgruppe: Population der United States of America, U.S. Vital Health Statistics 1967) und in dieser Studie kein signifikanter Unterschied zwischen dem Alter der Mutter bei Geburt des Kindes und der Kontrollgruppe (Gender Report 1999 in Deutschland) gefunden (Konieczny et al. 2017). Wie auch in dieser Arbeit vergleichen Enslein et al. die Studienpopulation mit der Population des Staates, in welchem die Studie erhoben wurde. Die Mütter der Studie von Enslein et al. (durchschnittlich 26,2 Jahre) sind bei Geburt des Kindes 2,7 Jahre jünger als die Mütter in dieser Studie (durchschnittlich 28,9 Jahre).

Da die Mütter in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2016) und den USA (Mathews und Hamilton 2016) immer älter werden, kann dies ein Grund für das gleiche Ergebnis von Enslein et al. und dieser Arbeit sein. Die Mütter in der Population von Enslein et al. waren zwar jünger als die Mütter dieser Studienpopulation, jedoch waren auch die Mütter der Kontrollgruppe jünger. Beide Studien weisen also darauf hin, dass sich das mütterliche Alter bei Geburt der Skoliosepatienten dem demographischen Wandel der gesamten Bevölkerung anpasst und somit kein ätiologischer Faktor der AIS zu sein scheint.

Zum Einfluss des mütterlichen Alters bei Geburt des Patienten auf die Progression der Skoliose wurden keine Studien gefunden

#### **4.5. Alter bei Menarche**

Das Alter bei Menarche korrelierte in dieser Studie nicht mit dem Schweregrad oder der Progression der Skoliose (Konieczny et al. 2017). Es bestand lediglich

ein Unterschied von circa 0,5 Jahren zwischen dem Alter bei Menarche in dieser Arbeit (im Mittel 12,29 Jahre) und dem Menarchemedian der Mädchen in Deutschland (12,8 Jahre). Dies spricht nicht für eine verspätete Menarche des Patientenkollektivs.

Tanchev et al. stellen die Hypothese auf, dass eine asymmetrische Belastung der Wirbelsäule (zum Beispiel durch Sport), kombiniert mit einer verspäteten körperlichen Reife und einer erhöhten Gelenklaxität (zusammengefasst als „dangerous triad“) zu einer sogenannten „sports-associated scoliosis“ führt (Tanchev et al. 2000). In dem hier untersuchten Patientenkollektiv gibt es nur wenige Patienten, welche Sport auf einem hohen Niveau betrieben, womit die Daten diesbezüglich nicht aussagekräftig sind. Zudem liegt bei den Patienten durchschnittlich keine verspätete Menarche vor. Die von Tanchev et al. beschriebene „dangerous triad“ kann durch unsere Daten nicht untermauert werden.

#### **4.6. Stunden Sport pro Woche außerhalb der Schule**

Im Hinblick auf die Vergrößerung des Cobb-Winkels zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patienten der Gruppe A (<1h Sport/Woche) und B ( $\geq$ 1h Sport/Woche) (Konieczny et al. 2017). Dieser fehlende signifikante Unterschied kann in der mit 2,0h pro Woche (SD 0,3) niedrigen durchschnittlichen Sportstundenzahl begründet liegen, sodass die Aussagekraft dieser Teilauswertung der Daten stark eingeschränkt ist.

Es stellt sich also weiterhin die Frage, ob sportliche Aktivität ein Progressionsfaktor (bremsend oder beschleunigend) der Skoliose ist. Nach Hung et al. gilt eine Osteopenie als Progressionsfaktor der Skoliose (Hung et al. 2005). Da mechanische Belastung im Rahmen von körperlicher Aktivität einen positiven Einfluss auf die Knochendichte hat (Torcasio et al. 2008), führt im Umkehrschluss Bewegungsarmut zu einer Verminderung der Knochendichte. Eine weitere Ursache eines Knochenmasseverlustes könnte eine Amenorrhö im adoleszenten Alter sein (Constantini und Warren 1994). Constantini stellte außerdem ein vermehrtes Auftreten der Amenorrhö bei Leistungssportlerinnen fest (Constantini und Warren 1994), wobei aktive Frauen mit Amenorrhö im Vergleich zu bewegungsarmen Frauen mit Amenorrhö weniger Knochenmasse verlieren

(Drinkwater 1992). Vor dem Hintergrund dieser Studienergebnisse ist es aus unserer Sicht vertretbar, Patienten mit AIS Sport zu empfehlen. Meyer et al. ziehen ähnliche Schlüsse (Meyer et al. 2006). Es ist wünschenswert, den Einfluss des Sportniveaus, zum Beispiel gemessen an den Sportstunden pro Woche, zu untersuchen, um klare Empfehlungen aussprechen zu können.

Es existieren Studien, welche eine erhöhte Prävalenz der AIS bei Athleten unterschiedlicher Sportarten (Schwimmen, Tanzen, rhythmische Sportgymnastik) beschreiben (Tanchev et al. 2000; Warren et al. 1986; Becker 1986). Meyer et al. begründen diese Ergebnisse durch die körperlichen Voraussetzungen (erhöhte Gelenklaxität) der AIS-Patienten, weshalb die Patienten besonders gut für bestimmte Sportarten geeignet sind (Meyer et al. 2006). Kenanidis et al. stellten im Gegensatz dazu keine erhöhte Prävalenz der Skoliose bei Sportlern im Vergleich zu Nicht-Sportlern fest (Kenanidis et al. 2008). In ihrer Studie wurde allerdings sportliche Aktivität generell und keine spezifische Sportart einbezogen.

Hieraus stellt sich die Frage, welche Sportarten AIS-Patienten empfohlen werden können und von welchen abgeraten werden sollte. Die Lyon-Methode aus Frankreich hat im Gegensatz zu vielen anderen Physiotherapeutischen Konzepten therapeutische Ansätze, die eine Kombination von Physiotherapie und Sport erlauben (Josette Bettany-Saltikov 2012): In der Lyon-Methode gilt der Grundsatz, dass es auf die Art der Durchführung von Sport ankommt. Zum Beispiel sollen die Patienten stets auf eine tiefe Inspiration achten, um die tiefe paravetebrale Muskulatur zu trainieren. Kurzatmigkeit sollte vermieden werden. Es wird empfohlen, den Sport über 5h/Woche und altersadaptiert zu betreiben. Vor der Pubertät sollte ein Training von Balance und Koordination erfolgen, während der Pubertät erwies sich das Schwimmen als geeignet. Ab einem Alter von 15 Jahren sollte eine Sportart mit axialen Einwirkungen auf die Wirbelsäule durchgeführt werden, um die Knochendichte der Wirbelsäule zu erhöhen. Allgemein erwiesen sich Kampfsportarten als geeignet und Klettern (aufgrund zu starker Extension der Wirbelsäule) als ungeeignet für Skoliosepatienten.

Es wäre wünschenswert, diese Empfehlungen mit Daten höherer Evidenz untermauern zu können.

## **4.7. Andere Faktoren**

### **4.7.1. Familienanamnese in Bezug auf die Skoliose**

Seit Jahrzehnten wird in der Wissenschaft über eine genetische ätiologische Komponente der AIS berichtet (Ogilvie et al. 2006; Sharma et al. 2011; Ward et al. 2010; Wynne-Davies 1968). Ward et al. (Ward et al. 2010) entwickeln sogar auf der Basis von SNP-Markern und dem initialen Cobb-Winkel (gemessen zwischen dem 9. und 13. Lebensjahr) einen prognostischen Test für die AIS (AIS-PT). In dieser Studie konnte kein Zusammenhang zwischen genetischer Vorbelastung und der Progression der Skoliose festgestellt werden (Konieczny et al. 2017). Dies könnte darin begründet sein, dass nur die Familienanamnese von Familienmitgliedern ersten und zweiten Grades erhoben wurde und keine genetischen Untersuchungen gemacht wurden. Somit konnte hier kein Widerspruch zu den Aussagen von Ward et al. festgestellt werden.

### **4.7.2. Eigenübungen pro Woche**

Obwohl bereits vielfach gezeigt werden konnte, dass Skoliose-spezifische Übungen einer Progression des Cobb-Winkels vorbeugen können (Josette Bettany-Saltikov 2012; Negrini et al. 2008; Weiss et al. 2006a; Romano et al. 2015), konnte hier nicht ermittelt werden, dass es einen Einfluss der Eigenübungen auf die Progression gibt (Konieczny et al. 2017). Dies könnte darin begründet sein, dass lediglich die Häufigkeit der Eigenübungen abgefragt wurde. Die Qualität und Dauer der Eigenübungen wurde nicht erhoben.

Nur 13% der befragten Patienten gaben an, keine Eigenübungen durchzuführen und 60% der Patienten führten mindestens drei Mal pro Woche Eigenübungen durch. Dies spricht dafür, dass die AIS-Patienten grundsätzlich motiviert sind, Physiotherapie durchzuführen. Die Durchführung der SEAS-Methode (Romano et al. 2015) mit einem Therapieregime von 2 bis 3/Woche a 45min oder täglich 15min Eigenübungen, bei Physiotherapiestunden alle 3 Monate a 1,5h wäre in unserer Gruppe bei 60% der Patienten (ohne Berücksichtigung der Dauer der Eigenübungen pro Tag) durchführbar gewesen.

Wie aber lassen sich die übrigen 40% der Patienten in dieser Studie motivieren ihre Eigenübungen durchzuführen? Psychologisch gesehen ist es besser,

Physiotherapie in Gruppen durchzuführen, damit sich das Kind in der Therapie weniger alleine fühlt (Josette Bettany-Saltikov 2012). Man könnte also in regelmäßigen Abständen Gruppenstunden organisieren, in welchen die Kinder dann auch ihre Fortschritte präsentieren können. Als Fremd- und Selbstkontrolle könnte ein Tagebuch geführt werden, was eine genauere Aufzeichnung und Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Übungen ermöglichen würde.

#### **4.7.3. BMI bei Skelettreife**

Übergewichtige und adipöse AIS-Patienten haben wahrscheinlicher einen höheren Schweregrad der Skoliose (Goodbody et al. 2015; Matusik et al. 2012). In den beiden genannten Studien wird der Einfluss von Übergewicht und Adipositas auf die Progression der Skoliose nicht untersucht. Der Effekt der Korsetttherapie ist laut O'Neill et al. bei übergewichtigen und adipösen Patienten geringer (O'Neill et al. 2005). Somit hätte der BMI einen indirekten Einfluss auf die Progression der Skoliose, wenn eine Korsetttherapie indiziert ist.

In dieser Kohorte hatte der BMI keinen Einfluss auf die Progression (Konieczny et al. 2017). Das unterschiedliche Ergebnis könnte darauf beruhen, dass der BMI zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst wurde. Bei O'Neill et al. wurden ab der Erstvorstellung bis zum Abschluss der Korsetttherapie bei jeder Vorstellung in der Sprechstunde Daten zum BMI erhoben. Hier wurde nur der BMI bei der Skelettreife berücksichtigt.

Da die höchste Progressionsrate während des Wachstumsschubes in der Pubertät liegt (Mehta 1972; Perdriolle und Vidal 1985; Soucacos et al. 1998), erscheint es sinnvoller, den zu diesem Zeitpunkt erhobenen BMI mit der Progression in Zusammenhang zu bringen.

#### **4.8. Qualitätsmerkmale dieser Studie**

In dieser Studie erfolgte die Festlegung einer festen messbaren Größe für das Winkelausmaß der Skoliose in Grad nach Cobb, die auch dem Fachkonsens der SRS entspricht (SRS 2016a; Negrini et al. 2012).

Weiterhin wurden alle Messungen der Röntgenaufnahmen durch eine Untersucherin durchgeführt, um die Variabilität zwischen Messungen möglichst gering zu halten (Malfair et al. 2010).

Aus der initialen Kohorte von 601 Skoliosepatienten waren 90% an einer AIS erkrankt, was epidemiologischen Daten entspricht (Suh et al. 2011; Daruwalla et al. 1985; Lonstein et al. 1982; Rogala et al. 1978; Konieczny et al. 2013). Die Repräsentativität unseres eingeschlossenen Patientenkollektivs wird außerdem durch die Analyse des Alters der Mutter bei Geburt des Kindes (kein signifikanter Unterschied zur Normalbevölkerung) und der Geschlechterverteilung weiblich zu männlich von 5,5:1 (entspricht den Daten zur Epidemiologie anderer Untersuchungen Daruwalla et al. 1985; Suh et al. 2011; Lonstein et al. 1982; Rogala et al. 1978; Konieczny et al. 2013) unterstrichen.

Durch die Anwendung strenger Ein- und Ausschlusskriterien konnten wir im Vergleich der Gruppen 2 und 3 eine hohe statistische Stärke von 0,88 (1-  $\beta$  Fehler) erreichen (Faul et al. 2009; Faul et al. 2007).

Verschiedene Studien konnten zeigen, dass unter anderem der primäre Korrektoreffekt im Korsett ausschlaggebend für das Outcome der Korsetttherapie ist (Appelgren und Willner 1990; Castro, JR 2003; Landauer et al. 2003). Der primäre Korrektoreffekt im Korsett und somit die Qualität der Korsettversorgung wurde in dieser Studie erhoben und wenn nötig auf mindestens 20% Verminderung des Cobb-Winkels korrigiert.

#### **4.9. Limitationen dieser Studie**

Die Anwendung strenger Ein- und Ausschlusskriterien führt zu einer geringeren Anzahl an Patienten. So konnten aus den 601 potenziellen Patienten nur 72 eingeschlossen werden. Mit dieser kleinen Studienpopulation konnte jedoch eine hohe statistische Stärke erzielt werden.

Das an der Universität Düsseldorf vorhandene Patientenkollektiv besteht vor allem aus Patienten mit moderaten bis hochgradigen Skoliosen, da Kinderärzte oder Orthopäden die Kinder oft schon mit der Diagnose Skoliose zu uns überwiesen und leichte Skoliosen von niedergelassenen Kollegen betreut werden. Somit werden die meisten Patienten, „gefiltert“ bevor wir sie in unserer Sprechstunde sehen. Dies könnte bedeuten, dass die Daten dieser Studie nicht direkt auf geringergradige Skoliosen übertragen werden können.

Die Messung der Korsetttragezeit erfolgte nicht mit den objektiven Wärmesensoren. Die Anwendung von Wärmesensoren zur Erfassung der Korsetttragezeit würde exaktere und objektivere Daten liefern (Katz et al. 2010) als die Erfassung der Stunden durch retrospektive Befragung der Patienten und ihrer Eltern. Hier kann das Vorliegen von Recall-Bias sowie das Auftreten von zufälligen und systematischen Fehlern nicht ausgeschlossen werden. Das Konzept zur Erfassung der Korsetttragezeit und mögliche auftretende Bias wurden bereits im Abschnitt 2.7. genauer erörtert.

Die Untersuchungen in der Sprechstunde wurden von mehreren Ärzten durchgeführt, so dass die Aufnahme des klinischen Status variieren könnte. Allerdings sind alle Ärzte systematisch geschult.

Es war nicht auf allen Röntgenaufnahmen möglich das Risser-Stadium zu bestimmen, da nicht auf jeder Wirbelsäulenganzaufnahme im p.a. Strahlengang die Beckenkämme abgebildet waren. Bei 7 Patienten konnte in keiner der durchgeführten Wirbelsäulenganzaufnahmen im p.a. Strahlengang ein Risser-Stadium bestimmt werden (6 Patienten davon weiblich; 1 Patient männlich).

Der herangezogene Vergleichswert zum Alter der Mutter bei Geburt des Kindes bezieht sich auf das Alter von Müttern erstgeborener ehelicher Kinder (Waltraud Cornelißen 2005). In dieser Studie wurde nicht erfasst, ob das Kind ehelich oder nicht ehelich oder als Erst- oder Zweitgeborenes zur Welt kam. Es könnte sein, dass das durchschnittliche Alter aller Mütter bei der Geburt eines Kindes von dem durchschnittlichen Alter bei Erstgeburt eines ehelichen Kindes abweicht. Die herangezogene Quelle bietet hierzu keine weiteren klärenden Daten (Waltraud Cornelißen 2005).

#### **4.10. Schlussfolgerungen und Ausblick**

Der Raucherstatus der Eltern ist ein möglicher Risikofaktor für die Prävalenz und/oder Progression der AIS. Dieses Ergebnis rechtfertigt weitere Untersuchungen zum Faktor Rauchen als Risikofaktor.

Zwölf bis 16 Stunden Korsetttragezeit führten im Vergleich zu über 16 Stunden Tragezeit nicht zu einem schlechteren Outcome bezüglich der Progression der AIS. Diese Daten erlauben nun die Durchführung einer interventionellen Studie, in welcher die Korsetttragezeit von 16 Stunden einer Tragezeit von 23 Stunden pro Tag gegenübergestellt werden kann. Zur Veränderung der Empfehlung in der Leitlinie ist die Bestätigung der Ergebnisse durch eine prospektive, idealerweise randomisierte Multi-Center-Studie notwendig.

Bestandteil des Studiendesigns sollte die valide Erfassung der Korsetttragezeit mit Wärmesensoren sein (Katz et al. 2010). Zusätzlich kann die Tragezeit über das in dieser Studie angewendete Verfahren erfasst werden. Das Verfahren dieser Studie wäre für die Anwendung im klinischen Alltag praktikabler. Weiterhin muss verhindert werden, dass sich die Patienten aus unterschiedlichen Gruppen begegnen und so die Randomisierung beeinträchtigt wird (Nachemson und Peterson 1995).

Probleme, welche bei der Anwendung der Empfehlung von 16 Stunden pro Tag auftreten können, liegen darin, dass die Compliance bei nahezu 100% liegen sollte. Weiterhin müssen Lösungen gefunden werden, falls die Schulzeit mehr als 8h pro Tag beträgt.

Es sollte weiter untersucht werden, mit welchen adjuvanten Verfahren die Compliance der Patienten bezüglich der Korsetttherapie zusätzlich verbessern könnte.

## Literaturverzeichnis

- Agabegi, Steven S.; Kazemi, Namdar; Sturm, Peter F.; Mehlman, Charles T. (2015): Natural History of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Skeletally Mature Patients: A Critical Review. In: *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 23 (12), S. 714–723. DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00037.
- Akbarnia, Behrooz A. (2007): Management themes in early onset scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 89 Suppl 1, S. 42–54. DOI: 10.2106/JBJS.F.01256.
- Anderson, M.; Hwang, S. C.; Green, W. T. (1965): Growth of the normal trunk in boys and girls during the second decade of life; related to age, maturity, and ossification of the iliac epiphyses. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 47 (8), S. 1554–1564.
- Appelgren, G.; Willner, S. (1990): End vertebra angle--a roentgenographic method to describe a scoliosis. A follow-up study of idiopathic scoliosis treated with the Boston brace. In: *Spine* 15 (2), S. 71–74.
- Ascani, E.; Bartolozzi, P.; Logroscino, C. A.; Marchetti, P. G.; Ponte, A.; Savini, R. et al. (1986): Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. In: *Spine* 11 (8), S. 784–789.
- Authorsen, Sven-Erik (2004): Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Wirbelsäule, Thorax. 61 Tabellen. Hg. v. Jürgen Krämer. Stuttgart u.a.: Thieme (Orthopädie und orthopädische Chirurgie).
- Barrios, Carlos; Pérez-Encinas, Cristina; Maruenda, Jos Ignacio; Laguía, Manuel (2005): Significant Ventilatory Functional Restriction in Adolescents With Mild or Moderate Scoliosis During Maximal Exercise Tolerance Test. In: *Spine* 30 (14), S. 1610–1615. DOI: 10.1097/01.brs.0000169447.55556.01.
- Becker, T. J. (1986): Scoliosis in swimmers. In: *Clinics in sports medicine* 5 (1), S. 149–158.
- Bernhardt, M.; Bridwell, K. H. (1989): Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. In: *Spine* 14 (7), S. 717–721.
- Bjerkreim, I.; Hassan, I. (1982): Progression in untreated idiopathic scoliosis after end of growth. In: *Acta orthopaedica Scandinavica* 53 (6), S. 897–900.
- Boseker, E. H.; Moe, J. H.; Winter, R. B.; Koop, S. E. (2000): Determination of "normal" thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 "normal" children. In: *Journal of pediatric orthopedics* 20 (6), S. 796–798.
- Botens-Helmus, Christine; Klein, Rolf; Stephan, Carola (2006): The reliability of the Bad Sobernheim Stress Questionnaire (BSSQbrace) in adolescents with scoliosis during brace treatment. In: *Scoliosis* 1, S. 22. DOI: 10.1186/1748-7161-1-22.
- Bullmann, V.; Halm, H. F.; Lerner, T.; Lepsien, U.; Hackenberg, L.; Liljenqvist, U. (2004): Prospektive Untersuchung zur Korsettbehandlung bei idiopathischen Skoliosen. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 142 (4), S. 403–409. DOI: 10.1055/s-2004-822843.

- Bunnell, W. P. (1986): The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. In: *Spine* 11 (8), S. 773–776.
- Calvo, I. J. (1957): Observations on the growth of the female adolescent spine and its relation to scoliosis. In: *Clinical orthopaedics* 10, S. 40–47.
- Carman, D. L.; Browne, R. H.; Birch, J. G. (1990): Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 72 (3), S. 328–333.
- Castro, Frank P., JR (2003): Adolescent idiopathic scoliosis, bracing, and the Hueter-Volkman principle. In: *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 3 (3), S. 180–185.
- Chong, K. C.; Letts, R. M.; Cumming, G. R. (1981): Influence of spinal curvature on exercise capacity. In: *Journal of pediatric orthopedics* 1 (3), S. 251–254.
- Cilli, Kansu; Tezeren, Gündüz; Taş, Turan; Bulut, Okay; Oztürk, Hayati; Oztemur, Zekeriya; Unsaldi, Tansel (2009): Sivas il merkezinde skolyoz için okul taramasi. In: *Acta orthopaedica et traumatologica turcica* 43 (5), S. 426–430. DOI: 10.3944/AOTT.2009.426.
- Clarisse, Pi (1974): Pronostic evolutif des scolioses idiopathiques mineures de 10–29 degrees, en periode de croissance. Dissertation. Université Claude-Bernard Lyon, Lyon.
- Cobb JR (1948): Outline for the study of scoliosis. In: *Instruct Course Lect Am Acad* (5), S. 261–275.
- Collis, D. K.; Ponseti, I. V. (1969): Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis not treated surgically. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 51 (3), S. 425–445.
- Constantini, N. W.; Warren, M. P. (1994): Special problems of the female athlete. In: *Bailliere's clinical rheumatology* 8 (1), S. 199–219.
- Cruickshank, J. L.; Koike, M.; Dickson, R. A. (1989): Curve patterns in idiopathic scoliosis. A clinical and radiographic study. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 71 (2), S. 259–263.
- Danielsson, A. J.; Wiklund, I.; Pehrsson, K.; Nachemson, A. L. (2001): Health-related quality of life in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a matched follow-up at least 20 years after treatment with brace or surgery. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 10 (4), S. 278–288.
- Danielsson, Aina J.; Hasserius, Ralph; Ohlin, Acke; Nachemson, Alf L. (2007): A prospective study of brace treatment versus observation alone in adolescent idiopathic scoliosis: a follow-up mean of 16 years after maturity. In: *Spine* 32 (20), S. 2198–2207. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b851f.
- Daruwalla, J. S.; Balasubramaniam, P.; Chay, S. O.; Rajan, U.; Lee, H. P. (1985): Idiopathic scoliosis. Prevalence and ethnic distribution in Singapore schoolchildren. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 67 (2), S. 182–184.
- Den Boer, W. A.; Anderson, P. G.; v Limbeek, J.; Kooijman, M. A. (1999): Treatment of idiopathic scoliosis with side-shift therapy: an initial comparison with

- a brace treatment historical cohort. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 8 (5), S. 406–410.
- Dimeglio, A. (2001): Growth in pediatric orthopaedics. In: *Journal of pediatric orthopedics* 21 (4), S. 549–555.
- Dobosiewicz, Krystyna; Durmala, Jacek; Czernicki, Krzysztof; Jendrzajek, Hanna (2002): Pathomechanic basics of conservative treatment of progressive idiopathic scoliosis according to Dobosiewicz method based upon radiologic evaluation. In: *Studies in health technology and informatics* 91, S. 336–341.
- Dobosiewicz, Krystyna; Durmala, Jacek; Kotwicki, Tomasz (2008): Dobosiewicz method physiotherapy for idiopathic scoliosis. In: *Studies in health technology and informatics* 135, S. 228–236.
- Dubousset, J.; Herring, J. A.; Shufflebarger, H. (1989): The crankshaft phenomenon. In: *Journal of pediatric orthopedics* 9 (5), S. 541–550.
- Drinkwater BL (1992) Amenorrhoea, body weight and osteoporosis. In Brownell KD, Rodin J & Wilmore JH (eds) *Eating, Body Weight and Performance in Athletes: Disorders of Modern Society*, pp 235-247. Philadelphia: Lea & Febiger.
- El-Hawary, Ron; Chukwunyerenna, Chukwudi (2014): Update on evaluation and treatment of scoliosis. In: *Pediatric clinics of North America* 61 (6), S. 1223–1241. DOI: 10.1016/j.pcl.2014.08.007.
- Enslin, K.; Chan, D. P. (1987): Multiparameter pilot study of adolescent idiopathic scoliosis. In: *Spine* 12 (10), S. 978–982.
- Faul, Franz; Erdfelder, Edgar; Buchner, Axel; Lang, Albert-Georg (2009): Statistical power analyses using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. In: *Behavior research methods* 41 (4), S. 1149–1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149.
- Faul, Franz; Erdfelder, Edgar; Lang, Albert-Georg; Buchner, Axel (2007): G\*Power 3. A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. In: *Behavior research methods* 39 (2), S. 175–191. DOI: 10.3758/BF03193146.
- Ferraris L.; Koller H.; Meier O.; Hempfing A. (2012): Die Bedeutung der sagittalen Balance in der Wirbelsäulen Chirurgie. In: *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis (OUP) - Deutscher Ärzte-Verlag*. DOI: 10.3238/oup.2012.0502–0508.
- Fusco, C.; Zaina, F.; Atanasio, S.; Romano, M.; Negrini, A.; Negrini, S. (2011): Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: an updated systematic review. In: *Physiotherapy theory and practice* 27 (1), S. 80–114. DOI: 10.3109/09593985.2010.533342.
- Fustier, Thierry (1980): Évolution radiologique spontanée des scolioses idiopathiques de moins de 45 degrés en période de croissance: étude graphique rétrospective de cent dossiers du Centre de réadaptation fonctionnelle des Massues. Dissertation. Université Claude-Bernard Lyon I, Lyon.
- George, F. V. de; Fisher, R. L. (1967): Idiopathic scoliosis: genetic and environmental aspects. In: *Journal of medical genetics* 4 (4), S. 251–257.
- Ghandhari, Hasan; Hesarikia, Hamid; Ameri, Ebrahim; Noori, Abolfazl (2013): Assessment of normal sagittal alignment of the spine and pelvis in children and

- adolescents. In: *BioMed research international* 2013, S. 842624. DOI: 10.1155/2013/842624.
- Goldberg, M. S.; Mayo, N. E.; Poitras, B.; Scott, S.; Hanley, J. (1994): The Ste-Justine Adolescent Idiopathic Scoliosis Cohort Study. Part II: Perception of health, self and body image, and participation in physical activities. In: *Spine* 19 (14), S. 1562–1572.
- Goldberg, M. S.; Poitras, B.; Mayo, N. E.; Labelle, H.; Bourassa, R.; Cloutier, R. (1988): Observer variation in assessing spinal curvature and skeletal development in adolescent idiopathic scoliosis. In: *Spine* 13 (12), S. 1371–1377.
- Goodbody, C. M.; Sankar, W. N.; Flynn, J. M. (2015): Presentation of Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Bigger the Kid, the Bigger the Curve. In: *Journal of pediatric orthopedics*. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000580.
- Green, N. E. (1986): Part-time bracing of adolescent idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 68 (5), S. 738–742.
- Grivas, Theodoros B.; Burwell, Geoffrey R.; Vasiliadis, Elias S.; Webb, John K. (2006): A segmental radiological study of the spine and rib--cage in children with progressive infantile idiopathic scoliosis. In: *Scoliosis* 1, S. 17. DOI: 10.1186/1748-7161-1-17.
- Harrison, D. E.; Harrison, D. D.; Cailliet, R.; Janik, T. J.; Holland, B. (2001): Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. In: *Spine* 26 (11), S. 42.
- Hopf, C. (2000): Criteria for the treatment of idiopathic scoliosis between 40 ° and 50 °. Operative versus conservative therapy. In: *Der Orthopäde* 29 (6), S. 500–506. DOI: 10.1007/s001320050488.
- Hopf, C.; Heine, J. (1985): Langzeitergebnisse der konservativen Behandlung der Skoliose mit dem Chêneau-Korsett. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 123 (3), S. 312–322. DOI: 10.1055/s-2008-1045157.
- Hopf, Christof; Edelmann, Peter; Eysel, Peer (1996): Die konservative Orthesenbehandlung bei idiopathischen Skoliosen. In: *Deutsches Ärzteblatt-Köln*-93, S. 1493–1496.
- Hoppenfeld, Stanley; Lonner, Baron; Murthy, Vasantha; Gu, Yun (2004): The rib epiphysis and other growth centers as indicators of the end of spinal growth. In: *Spine* 29 (1), S. 47–50. DOI: 10.1097/01.BRS.0000103941.50129.66.
- Hung, V. W. Y.; Qin, L.; Cheung, C. S. K.; Lam, T. P.; Ng, B. K. W.; Tse, Y. K. et al. (2005): Osteopenia: a new prognostic factor of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 87 (12), S. 2709–2716. DOI: 10.2106/JBJS.D.02782.
- Jaakkola, J. J.; Kosheleva, A. A.; Katsnelson, B. A.; Kuzmin, S. V.; Privalova, L. I.; Spengler, J. D. (2006): Prenatal and postnatal tobacco smoke exposure and respiratory health in Russian children. In: *Respiratory research* 7, S. 48. DOI: 10.1186/1465-9921-7-48.
- James, J. I. (1954): Idiopathic scoliosis; the prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age at onset. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 36-B (1), S. 36–49.

- Jarvis, James; Garbedian, Shawn; Swamy, Ganesh (2008): Juvenile idiopathic scoliosis: the effectiveness of part-time bracing. In: *Spine* 33 (10), S. 1074–1078. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816f6423.
- Jenks, Michelle; Craig, Joyce; Higgins, Joanne; Willits, Iain; Barata, Teresa; Wood, Hannah et al. (2014): The MAGEC system for spinal lengthening in children with scoliosis: A NICE Medical Technology Guidance. In: *Applied health economics and health policy* 12 (6), S. 587–599. DOI: 10.1007/s40258-014-0127-4.
- Josette Bettany-Saltikov (2012): Physical Therapy Perspectives in the 21st Century - Challenges and Possibilities. Physical Therapy for Adolescents with Idiopathic Scoliosis. InTech (Hg.). Unter Mitarbeit von Tim Cook, Manuel Rigo, Jean Claude De Mauroy, Michele Romano Jacek Durmala, Ana del Campo, Christine Colliard, Stefano Negrini, Andrejz M'hango, Marianna Bialek.
- Kamtsiuris, P.; Atzpodien, K.; Ellert, U.; Schlack, R.; Schlaud, M. (2007): Prävalenz von somatischen Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS). In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 50 (5-6), S. 686–700. DOI: 10.1007/s00103-007-0230-x.
- Katz, D. E.; Durrani, A. A. (2001): Factors that influence outcome in bracing large curves in patients with adolescent idiopathic scoliosis. In: *Spine* 26 (21), S. 2354–2361.
- Katz, Donald E.; Herring, J. Anthony; Browne, Richard H.; Kelly, Derek M.; Birch, John G. (2010): Brace wear control of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 92 (6), S. 1343–1352. DOI: 10.2106/JBJS.I.01142.
- Kenanidis, E.; Potoupnis, M. E.; Papavasiliou, K. A.; Sayegh, F. E.; Kapetanios, G. A. (2008): Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: is there truly a liaison? In: *Spine* 33 (20), S. 2160–2165. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d6db3.
- Kesling, K. L.; Reinker, K. A. (1997): Scoliosis in twins. A meta-analysis of the literature and report of six cases. In: *Spine* 22 (17), S. 2009.
- Kesten, S.; Garfinkel, S. K.; Wright, T.; Rebeck, A. S. (1991): Impaired exercise capacity in adults with moderate scoliosis. In: *Chest* 99 (3), S. 663–666.
- Kim, Han Jo; Blanco, John S.; Widmann, Roger F. (2009): Update on the management of idiopathic scoliosis. In: *Current opinion in pediatrics* 21 (1), S. 55–64. DOI: 10.1097/MOP.0b013e328320a929.
- Kinel, Edyta; Kotwicki, Tomasz; Podolska, Anna; Białek, Marianna; Stryła, Wanda (2012): Quality of life and stress level in adolescents with idiopathic scoliosis subjected to conservative treatment. In: *Studies in health technology and informatics* 176, S. 419–422.
- King, H. A.; Moe, J. H.; Bradford, D. S.; Winter, R. B. (1983): The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 65 (9), S. 1302–1313.
- Konieczny, Markus Rafael; Hieronymus, Paula; Krauspe, Rüdiger (2017): Time in brace: where are the limits and how can we improve compliance and reduce negative psychosocial impact in patients with scoliosis? A retrospective analysis.

- In: *The spine journal: official journal of the North American Spine Society* 17 (11), S. 1658–1664. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.05.010.
- Konieczny, Markus Rafael; Senyurt, Hüsseyin; Krauspe, Rüdiger (2013): Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. In: *Journal of children's orthopaedics* 7 (1), S. 3–9. DOI: 10.1007/s11832-012-0457-4.
- Kostuik, J. P.; Bentivoglio, J. (1981): The incidence of low-back pain in adult scoliosis. In: *Spine* 6 (3), S. 268–273.
- Kotwicki, Tomasz; Cheneau, Jacques (2008): Biomechanical action of a corrective brace on thoracic idiopathic scoliosis: Cheneau 2000 orthosis. In: *Disability and rehabilitation. Assistive technology* 3 (3), S. 146–153. DOI: 10.1080/17483100801905744.
- Kuklo, Timothy R.; Potter, Benjamin K.; O'Brien, Michael F.; Schroeder, Teresa M.; Lenke, Lawrence G.; Polly, David W. (2005): Reliability analysis for digital adolescent idiopathic scoliosis measurements. In: *Journal of spinal disorders & techniques* 18 (2), S. 152–159.
- Lam, Tsz Ping; Hung, Vivian Wing Yin; Yeung, Hiu Yan; Chu, Winnie Chiu Wing; Ng, Bobby Kin Wah; Lee, Kwong Man et al. (2013): Quantitative ultrasound for predicting curve progression in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective cohort study of 294 cases followed-up beyond skeletal maturity. In: *Ultrasound in medicine & biology* 39 (3), S. 381–387. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.09.012.
- Landauer, F. (1999): Ist die Therapie mit dem Chêneau-Korsett wirksam? In: Andreas B. Imhoff (Hg.): *Wirbelsäule. Ist die Therapie mit dem Chêneau-Korsett wirksam?* Heidelberg: Steinkopff, S. 31–38.
- Landauer, F.; Krismer, M.; Bauer, R. (1997): Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose. In: *Der Orthopäde* 26 (9), S. 808–817.
- Landauer, Franz; Wimmer, Cornelius; Behensky, Hannes (2003): Estimating the final outcome of brace treatment for idiopathic thoracic scoliosis at 6-month follow-up. In: *Pediatric rehabilitation* 6 (3-4), S. 201–207. DOI: 10.1080/13638490310001636817.
- Landauer F; Wimmer C (2003): Therapieziel der Korsettbehandlung bei idiopathischer Adoleszentskoliose. In: *MEDIZINISCH ORTHOPADISCHE TECHNIK* 123 (3), S. 33–38.
- Leatherman, Kenton D.; Dickson, Robert A. (1988): *The management of spinal deformities.* London u.a.: Wright.
- Lee, C. F.; Fong, Daniel Y. T.; Cheung, Kenneth M. C.; Cheng, Jack C. Y.; Ng, Bobby K. W.; Lam, T. P. et al. (2012): A new risk classification rule for curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. In: *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 12 (11), S. 989–995. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.05.009.
- Lee, Chong Suh; Chung, Sung Soo; Kang, Kyung Chung; Park, Se Jun; Shin, Seong Kee (2011): Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population. In: *Spine* 36 (25), S. 54. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318216b0fd.
- Lehnert-Schroth C (1979): Die dreidimensionale Skoliosebehandlung nach Schroth. In: *ZFA. Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 55 (34), S. 1969–1976.

- Lenke, L. G.; Betz, R. R.; Harms, J.; Bridwell, K. H.; Clements, D. H.; Lowe, T. G.; Blanke, K. (2001): Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 83-A (8), S. 1169–1181.
- Lenke L. (2010): Revised Glossary of Terms. Unter Mitarbeit von Working Group on 3-D Classification (Chair Larry Lenke, MD) und Terminology Committee. Scoliosis Research Society. Online verfügbar unter <http://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/glossary/revised-glossary-of-terms>, zuletzt aktualisiert am März 2010, zuletzt geprüft am 27.01.2016.
- Liebrechts-Akkerman, G.; Lao, O.; Liu, F.; van Sleuwen, B. E.; Engelberts, A. C.; L'hoir, M. P. et al. (2011): Postnatal parental smoking: an important risk factor for SIDS. In: *European journal of pediatrics* 170 (10), S. 1281–1291. DOI: 10.1007/s00431-011-1433-6.
- Lonstein, J. E.; Bjorklund, S.; Wanninger, M. H.; Nelson, R. P. (1982): Voluntary school screening for scoliosis in Minnesota. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 64 (4), S. 481–488.
- Lonstein, J. E.; Carlson, J. M. (1984): The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 66 (7), S. 1061–1071.
- Malfair, David; Flemming, Anne K.; Dvorak, Marcel F.; Munk, Peter L.; Vertinsky, Alexandra T.; Heran, Manraj K.; Graeb, Doug A. (2010): Radiographic evaluation of scoliosis: review. In: *AJR. American journal of roentgenology* 194 (3 Suppl), S. 22. DOI: 10.2214/AJR.07.7145.
- Manring, M. M.; Calhoun, Jason (2010): Joseph C. Risser Sr., 1892–1982. In: *Clin Orthop Relat Res* 468 (3), S. 643–645. DOI: 10.1007/s11999-009-1095-0.
- Mathews, T. J.; Hamilton, B. E. (2016): Mean Age of Mothers is on the Rise: United States, 2000–2014. Hg. v. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics (NCHS Data Brief, 232). Online verfügbar unter <http://www.cdc.gov/nchs/products/databriefs/db232.htm>, zuletzt geprüft am 18.05.2016.
- Matusik, Edyta; Durmala, Jacek; Matusik, Pawel; Piotrowski, Jerzy (2012): Evaluation of nutritional status of children and adolescents with idiopathic scoliosis: a pilot study. In: *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* 14 (4), S. 351–362. DOI: 10.5604/15093492.1005093.
- Mayo, N. E.; Goldberg, M. S.; Poitras, B.; Scott, S.; Hanley, J. (1994): The Ste-Justine Adolescent Idiopathic Scoliosis Cohort Study. Part III: Back pain. In: *Spine* 19 (14), S. 1573–1581.
- Mehta, M. H. (1972): The rib-vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantile scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 54 (2), S. 230–243.
- Mehta, M. H. (1985): Active Correction by Side-Shift: An alternative treatment for early idiopathic scoliosis. In: *Scoliosis prevention*, S. 126–140.
- Mellerowicz, H.; Bökel, T.; Neff, G. et al. (Hg.) (1994): Mittel-und Langzeitergebnisse der Behandlung von lumbalen Skoliosen mit dem Boston-

Brace. 42. Annual Meeting of the Vereinigung Süddeutscher Orthopäden eV, 28. April bis 1. Mai, Baden-Baden.

Meyer, C.; Cammarata, E.; Haumont, T.; Deviterne, D.; Gauchard, G. C.; Leheup, B. et al. (2006): Why do idiopathic scoliosis patients participate more in gymnastics? In: *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 16 (4), S. 231–236. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00482.x.

Misterska, Ewa; Glowacki, Maciej; Harasymczuk, Jerzy (2010): Personality characteristics of females with adolescent idiopathic scoliosis after brace or surgical treatment compared to healthy controls. In: *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research* 16 (12), S. 15.

Modi, Hitesh N.; Suh, Seung Woo; Song, Hae-Ryong; Yang, Jae-Hyuk; Ting, Chen; Hazra, Sunit (2009): Drooping of apical convex rib-vertebral angle in adolescent idiopathic scoliosis of more than 40 degrees: a prognostic factor for progression. In: *Journal of spinal disorders & techniques* 22 (5), S. 367–371. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181836a8a.

Moe, John H.; Lonstein, John Errol (1995): Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities. 3. ed. Philadelphia: Saunders.

Mollon G; Rodot JC (1986): Scolioses structurales mineures et kinésithérapie. Etude statistique comparative des résultats. In: *Kinesithérapie scientifique* (244), S. 47–56.

Morrissy, R. T.; Goldsmith, G. S.; Hall, E. C.; Kehl, D.; Cowie, G. H. (1990): Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 72 (3), S. 320–327.

Morton, Anne; Riddle, Russ; Buchanan, Renee; Katz, Don; Birch, John (2008): Accuracy in the prediction and estimation of adherence to brace wear before and during treatment of adolescent idiopathic scoliosis. In: *Journal of pediatric orthopedics* 28 (3), S. 336–341. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318168d154.

Nachemson, A. L.; Peterson, L. E. (1995): Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 77 (6), S. 815–822.

Negrini, S.; Aulisa, L.; Ferraro, C.; Fraschini, P.; Masiero, S.; Simonazzi, P. et al. (2005): Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. In: *Europa medicophysica* 41 (2), S. 183–201.

Negrini, S.; Fusco, C.; Minozzi, S.; Atanasio, S.; Zaina, F.; Romano, M. (2008): Exercises reduce the progression rate of adolescent idiopathic scoliosis: results of a comprehensive systematic review of the literature. In: *Disability and rehabilitation* 30 (10), S. 772–785. DOI: 10.1080/09638280801889568.

Negrini, Stefano; Aulisa, Angelo G.; Aulisa, Lorenzo; Circo, Alin B.; Mauroy, Jean Claude de; Durmala, Jacek et al. (2012): 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. In: *Scoliosis* 7 (1), S. 3. DOI: 10.1186/1748-7161-7-3.

Negrini, Stefano; Grivas, Theodoros B.; Kotwicki, Tomasz; Maruyama, Toru; Rigo, Manuel; Weiss, Hans Rudolf (2006): Why do we treat adolescent idiopathic

scoliosis? What we want to obtain and to avoid for our patients. SOSORT 2005 Consensus paper. In: *Scoliosis* 1, S. 4. DOI: 10.1186/1748-7161-1-4.

Negrini S (Hg.) (2007): THE EVIDENCE BASED ISICO APPROACH TO SPINAL DEFORMITIES. Unter Mitarbeit von Atanasio S, Negrini Alb., Negrini Ant. Negrini Ale., Negrini G, Negrini S, Parzini S et al. ISICO - Italian Scientific Spine Institute. Milan - Italy: ISICO - Italian Scientific Spine Institute.

Nery, Lenice Sberse; Halpern, Ricardo; Nery, Paulo César; Nehme, Karin Passos; Stein, Aírton Tetelbom (2010): Prevalence of scoliosis among school students in a town in southern Brazil. In: *Sao Paulo medical journal = Revista paulista de medicina* 128 (2), S. 69–73.

Neugebauer, H. (1972): Cobb oder Ferguson? Eine Analyse der beiden gebräuchlichsten Röntgenmessmethoden von Skoliosen. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 110 (3), S. 342–356.

Niethard, Fritz U. (2010): Kinderorthopädie. 50 Tabellen. Stuttgart u.a.: Thieme.

Niethard, Fritz U.; Pfeil, Joachim; Biberthaler, Peter (2014): Orthopädie und Unfallchirurgie. [inklusive Filme online]. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).

Noordeen, M. H.; Haddad, F. S.; Edgar, M. A.; Pringle, J. (1999): Spinal growth and a histologic evaluation of the Risser grade in idiopathic scoliosis. In: *Spine* 24 (6), S. 535–538.

Noshchenko, Andriy; Hoffecker, Lilian; Lindley, Emily M.; Burger, Evalina L.; Cain, Christopher Mj; Patel, Vikas V.; Bradford, Andrew P. (2015): Predictors of spine deformity progression in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review with meta-analysis. In: *World journal of orthopedics* 6 (7), S. 537–558. DOI: 10.5312/wjo.v6.i7.537.

Ogilvie, James W.; Braun, John; Argyle, Veeann; Nelson, Lesa; Meade, Mary; Ward, Kenneth (2006): The search for idiopathic scoliosis genes. In: *Spine* 31 (6), S. 679–681. DOI: 10.1097/01.brs.0000202527.25356.90.

O'Neill, P. J.; La Karol; Shindle, M. K.; Elerson, E. E.; BrintzenhofeSzoc, K. M.; Katz, D. E. et al. (2005): Decreased orthotic effectiveness in overweight patients with adolescent idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 87 (5), S. 1069–1074. DOI: 10.2106/JBJS.C.01707.

Pehrsson, K.; Danielsson, A.; Nachemson, A. (2001): Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a 25 year follow up after surgery or start of brace treatment. In: *Thorax* 56 (5), S. 388–393.

Pehrsson, K.; Larsson, S.; Oden, A.; Nachemson, A. (1992): Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. In: *Spine* 17 (9), S. 1091–1096.

Perdriolle, R.; Vidal, J. (1985): Thoracic idiopathic scoliosis curve evolution and prognosis. In: *Spine* 10 (9), S. 785–791.

Peterson, L. E.; Nachemson, A. L. (1995): Prediction of progression of the curve in girls who have adolescent idiopathic scoliosis of moderate severity. Logistic regression analysis based on data from The Brace Study of the Scoliosis Research Society. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 77 (6), S. 823–827.

- Ponseti, I. V.; FRIEDMAN, B. (1950): Prognosis in idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 32A (2), S. 381–395.
- Propst-Proctor, S. L.; Bleck, E. E. (1983): Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. In: *Journal of pediatric orthopedics* 3 (3), S. 344–346.
- Prujjs, J. E.; Hageman, M. A.; Keessen, W.; van der Meer, R.; van Wieringen, J. C. (1994): Variation in Cobb angle measurements in scoliosis. In: *Skeletal radiology* 23 (7), S. 517–520.
- Radl, R.; Maafe, M.; Ziegler, S. (2011): Skoliose: Die Krumme Wirbelsäule. In: *Der Orthopäde* 40 (5), S. 449–462. DOI: 10.1007/s00132-011-1771-0.
- Reiser, M.; Kuhn, F. P.; Debus, J. (2011): Radiologie. 110 Tabellen. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).
- Rigo, M.; Reiter, Ch; Weiss, H-R (2003): Effect of conservative management on the prevalence of surgery in patients with adolescent idiopathic scoliosis. In: *Pediatric rehabilitation* 6 (3-4), S. 209–214. DOI: 10.1080/13638490310001642054.
- Risser, J. C. (1958): The Iliac apophysis; an invaluable sign in the management of scoliosis. In: *Clinical orthopaedics* 11, S. 111–119.
- Risser, J. C. (1966): Treatment of scoliosis during the past 50 years. In: *Clinical orthopaedics and related research* 44, S. 109–113.
- Risser, J. C.; Ferguson A. B. (1936): Scoliosis: its prognosis. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery, Inc.* (18), S. 667–670.
- Roche, A. F.; Eyman, S. L.; Davila, G. H. (1971): Skeletal age prediction. In: *The Journal of pediatrics* 78 (6), S. 997–1003.
- Rogala, E. J.; Drummond, D. S.; Gurr, J. (1978): Scoliosis: incidence and natural history. A prospective epidemiological study. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 60 (2), S. 173–176.
- Romano, Michele; Negrini, Alessandra; Parzini, Silvana; Tavernaro, Marta; Zaina, Fabio; Donzelli, Sabrina; Negrini, Stefano (2015): SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis). A modern and effective evidence based approach to physiotherapeutic specific scoliosis exercises. In: *Scoliosis* 10 (1), S. 3. DOI: 10.1186/s13013-014-0027-2.
- Rössler, Helmut; Rütger, Wolfgang; Pitzen, Peter (2005): Orthopädie und Unfallchirurgie. Aufl. 18. München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Rowe, D. E.; Bernstein, S. M.; Riddick, M. F.; Adler, F.; Emans, J. B.; Gardner-Bonneau, D. (1997): A meta-analysis of the efficacy of non-operative treatments for idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 79 (5), S. 664–674.
- Ryan, M. D.; Nachemson, A. (1987): Thoracic adolescent idiopathic scoliosis: perinatal and environmental aspects in a Swedish population and their relationship to curve severity. In: *Journal of pediatric orthopedics* 7 (1), S. 72–77.
- Scoliosis Research Society* (SRS) (2016a): Adolescent Idiopathic Scoliosis. Scoliosis Research Society. Online verfügbar unter <http://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/conditions-and->

treatments/adolescent-idiopathic-scoliosis, zuletzt aktualisiert 2016, zuletzt geprüft am 27.01.2016.

*Scoliosis Research Society (SRS) (2016b): Infantile Scoliosis.* Scoliosis Research Society. Online verfügbar unter <http://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/conditions-and-treatments/infantile-scoliosis>, zuletzt aktualisiert 2016, zuletzt geprüft am 27.01.2016.

*Scoliosis Research Society (SRS) (2016c): Juvenile Scoliosis.* Scoliosis Research Society. Online verfügbar unter <http://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/conditions-and-treatments/juvenile-scoliosis>, zuletzt aktualisiert 2016, zuletzt geprüft am 27.01.2016

Schulte, E.; Schumacher, U.; Schünke, M. (2011): Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 182 Tabellen (AllAna).

Schwab, Frank; Dubey, Ashok; Pagala, Murali; Gamez, Lorenzo; Farcy, Jean P. (2003): Adult scoliosis: a health assessment analysis by SF-36. In: *Spine* 28 (6), S. 602–606. DOI: 10.1097/01.BRS.0000049924.94414.BB.

Schwab, Frank; Lafage, Virginie; Patel, Ashish; Farcy, Jean-Pierre (2009): Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. In: *Spine* 34 (17), S. 1828–1833. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a13c08.

Sharma, Swarkar; Gao, Xiaochong; Londono, Douglas; Devroy, Shonn E.; Mauldin, Kristen N.; Frankel, Jessica T. et al. (2011): Genome-wide association studies of adolescent idiopathic scoliosis suggest candidate susceptibility genes. In: *Human molecular genetics* 20 (7), S. 1456–1466. DOI: 10.1093/hmg/ddq571.

Soucacos, P. N.; Soucacos, P. K.; Zacharis, K. C.; Beris, A. E.; Xenakis, T. A. (1997): School-screening for scoliosis. A prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 79 (10), S. 1498–1503.

Soucacos, P. N.; Zacharis, K.; Gelalis, J.; Souttanis, K.; Kalos, N.; Beris, A. et al. (1998): Assessment of curve progression in idiopathic scoliosis. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 7 (4), S. 270–277.

Stagnara P; Mollon G; De Mauroy C (1990): Rééducation des scolioses. Paris: Expansion Scientifique Francaise.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2016): Durchschnittliches Alter der Mutter bei der Geburt ihrer lebend geborenen Kinder in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Geburt/en/Tabellen/GeburtenMutteralter.html>, zuletzt geprüft am 11.05.2016.

Statistisches Bundesamt. Zweigstelle Bonn [Destatis (BN)]. (1999): Rauchen, Rauchverhalten der Bevölkerung. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Zweigstelle Bonn [Destatis (BN)]. (Fachserie 12, Reihe S.3). Online verfügbar unter [http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc\\_them\\_rech?tk=5800&tk2=6000&p\\_uid=gast&p\\_aid=53461760&p\\_sprache=D&cnt\\_ut=11&ut=6200](http://www.gbe-bund.de/gbe10/trecherche.prc_them_rech?tk=5800&tk2=6000&p_uid=gast&p_aid=53461760&p_sprache=D&cnt_ut=11&ut=6200), zuletzt geprüft am 01.08.2016.

Stirling, A. J.; Howel, D.; Millner, P. A.; Sadiq, S.; Sharples, D.; Dickson, R. A. (1996): Late-onset idiopathic scoliosis in children six to fourteen years old. A

cross-sectional prevalence study. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 78 (9), S. 1330–1336.

Suh, Seung-Woo; Modi, Hitesh N.; Yang, Jae-Hyuk; Hong, Jae-Young (2011): Idiopathic scoliosis in Korean schoolchildren: a prospective screening study of over 1 million children. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 20 (7), S. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00586-011-1695-8.

Sun, Xu; Wang, Bin; Qiu, Yong; Zhu, Ze-Zhang; Zhu, Feng; Yu, Yang et al. (2010): Outcomes and predictors of brace treatment for girls with adolescent idiopathic scoliosis. In: *Orthopaedic surgery* 2 (4), S. 285–290. DOI: 10.1111/j.1757-7861.2010.00101.x.

Sun, Xu; Wu, Tao; Liu, Zhen; Zhu, Zezhang; Qian, Bangping; Zhu, Feng et al. (2013): Osteopenia predicts curve progression of adolescent idiopathic scoliosis in girls treated with brace treatment. In: *Journal of pediatric orthopedics* 33 (4), S. 366–371. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31827b7b5f.

Tan, Ken-Jin; Moe, Maung Maung; Vaithinathan, Rose; Wong, Hee-Kit (2009): Curve progression in idiopathic scoliosis: follow-up study to skeletal maturity. In: *Spine* 34 (7), S. 697–700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819c9431.

Tanchev, P. I.; Dzherov, A. D.; Parushev, A. D.; Dikov, D. M.; Todorov, M. B. (2000): Scoliosis in rhythmic gymnasts. In: *Spine* 25 (11), S. 1367–1372.

Tanner, J. M. (1962): Growth at adolescence. In: *Blackwell Scientific Publications, Oxford*.

Tanner, J. M.; Whitehouse, R. H.; Takaishi, M. (1966a): Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. In: *Archives of disease in childhood* 41 (219), S. 454–471.

Tanner, J. M.; Whitehouse, R. H.; Takaishi, M. (1966b): Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. II. In: *Archives of disease in childhood* 41 (220), S. 613–635.

Torcasio, A.; van Lenthe, G. H.; van Oosterwyck, H. (2008): The Importance of Loading Frequency, Rate and Vibration and Implant Osseointegration. In: *European Cells and Materials* Vol. 16, S. 56–58.

Upadhyay, S. S.; Nelson, I. W.; Ho, E. K.; Hsu, L. C.; Leong, J. C. (1995): New prognostic factors to predict the final outcome of brace treatment in adolescent idiopathic scoliosis. In: *Spine* 20 (5), S. 537–545.

Waltraud Cornelißen (Hg.) (2005): Gender-Datenreport. 1. Datenreport zur Gleichstellung von Frauen und Männern in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. 2. Fassung. München, zuletzt geprüft am 14.03.2017.

Ward, Kenneth; Ogilvie, James W.; Singleton, Marc V.; Chettier, Rakesh; Engler, Gordon; Nelson, Lesa M. (2010): Validation of DNA-based prognostic testing to predict spinal curve progression in adolescent idiopathic scoliosis. In: *Spine* 35 (25), S. 64. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ed2de1.

Warren, M. P.; Brooks-Gunn, J.; Hamilton, L. H.; Warren, L. F.; Hamilton, W. G. (1986): Scoliosis and fractures in young ballet dancers. Relation to delayed

- menarche and secondary amenorrhea. In: *The New England journal of medicine* 314 (21), S. 1348–1353. DOI: 10.1056/NEJM198605223142104.
- Weber, B.; Smith, J. P.; Briscoe, W. A.; Friedman, S. A.; King, T. K. (1975): Pulmonary function in asymptomatic adolescents with idiopathic scoliosis. In: *The American review of respiratory disease* 111 (4), S. 389–397. DOI: 10.1164/arrd.1975.111.4.389.
- Weinstein, S. L.; Ponseti, I. V. (1983): Curve progression in idiopathic scoliosis. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 65 (4), S. 447–455.
- Weinstein, S. L.; Zavala, D. C.; Ponseti, I. V. (1981): Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 63 (5), S. 702–712.
- Weinstein, Stuart L.; Dolan, Lori A.; Cheng, Jack C. Y.; Danielsson, Aina; Morcuende, Jose A. (2008): Adolescent idiopathic scoliosis. In: *Lancet (London, England)* 371 (9623), S. 1527–1537. DOI: 10.1016/S0140-6736(08)60658-3.
- Weinstein, Stuart L.; Dolan, Lori A.; Spratt, Kevin F.; Peterson, Kirk K.; Spoonamore, Mark J.; Ponseti, Ignacio V. (2003): Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. In: *JAMA* 289 (5), S. 559–567.
- Weinstein, Stuart L.; Dolan, Lori A.; Wright, James G.; Dobbs, Matthew B. (2013): Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. In: *N Engl J Med* 369 (16), S. 1512–1521. DOI: 10.1056/NEJMoa1307337.
- Weiss, H. R. (1995a): Die skoliosespezifische Rückenschule nach Schroth-erste Ergebnisse einer prospektiven Verlaufskontrolle. In: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 133 (2), 114-7; discussion 118-9. DOI: 10.1055/s-2008-1039421.
- Weiss, H. R. (1995b): Standard der Orthesenversorgung in der Skoliosebehandlung. In: *Med Orth Tech* 5, S. 323–330.
- Weiss, Hans-Rudolf (2002): Rehabilitation of scoliosis patients with pain after surgery. In: *Studies in health technology and informatics* 88, S. 250–253.
- Weiss, Hans-Rudolf (2003): Rehabilitation of adolescent patients with scoliosis-- what do we know? A review of the literature. In: *Pediatric rehabilitation* 6 (3-4), S. 183–194. DOI: 10.1080/13638490310001636790.
- Weiss, Hans-Rudolf; Negrini, Stefano; Hawes, Martha C.; Rigo, Manuel; Kotwicki, Tomasz; Grivas, Theodoros B.; Maruyama, Toru (2006a): Physical exercises in the treatment of idiopathic scoliosis at risk of brace treatment -- SOSORT consensus paper 2005. In: *Scoliosis* 1, S. 6. DOI: 10.1186/1748-7161-1-6.
- Weiss, Hans-Rudolf; Negrini, Stefano; Rigo, Manuel; Kotwicki, Tomasz; Hawes, Martha C.; Grivas, Theodoros B. et al. (2006b): Indications for conservative management of scoliosis (guidelines). In: *Scoliosis* 1, S. 5. DOI: 10.1186/1748-7161-1-5.
- Wideroe, M.; Vik, T.; Jacobsen, G.; Bakketeig, L. S. (2003): Does maternal smoking during pregnancy cause childhood overweight? In: *Paediatric and perinatal epidemiology* 17 (2), S. 171–179.

Wong, Hee-Kit; Hui, James H. P.; Rajan, Uma; Chia, Hwee-Pin (2005): Idiopathic scoliosis in Singapore schoolchildren: a prevalence study 15 years into the screening program. In: *Spine* 30 (10), S. 1188–1196.

Wynne-Davies, R. (1968): Familial (idiopathic) scoliosis. A family survey. In: *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 50 (1), S. 24–30.

Xu, Leilei; Qiu, Xusheng; Sun, Xu; Mao, Saihu; Liu, Zhen; Qiao, Jun; Qiu, Yong (2011): Potential genetic markers predicting the outcome of brace treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 20 (10), S. 1757–1764. DOI: 10.1007/s00586-011-1874-7.

Zhang, Yong; Yang, Yijun; Dang, Xiaoqian; Zhao, Li; Ren, Juan; Zhang, Ligen; Sun, Jianzhong (2015): Factors relating to curve progression in female patients with adolescent idiopathic scoliosis treated with a brace. In: *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 24 (2), S. 244–248. DOI: 10.1007/s00586-014-3674-3.

Zippel, Hartmut (1996): Orthopädie systematisch. Lorch: Uni-Med Verl.

## **Danksagung**

An erster Stelle möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Rüdiger Krauspe für die freundliche Überlassung des Themas und die wissenschaftliche Betreuung danken.

Herrn Dr. med. Markus Konieczny, dem direkten Betreuer dieser Arbeit, danke ich besonders für die umfassende Unterstützung sowie die fachliche Hilfe.

Außerdem danke ich den Mitarbeitern der Firma Koppetsch in Düsseldorf für den hervorragenden Einblick in die Korsettherstellung.

Für die Korrekturen meiner Arbeit bedanke ich mich bei meinem Onkel Haimo Hieronymus.

Meinem Mann Simon Mautes danke ich für die Unterstützung bei der Bearbeitung des Excel-Programms und seine Motivation zur rechten Zeit.

Meiner lieben Familie danke ich, dass sie immer da ist.

Abschließend gilt meinen Eltern für ihre Unterstützung, Kraft und Liebe, welche mich immer begleiten, ganz besonderer Dank.