Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universität Rostock
(Direktor: Prof. Dr. med. Wolfram Mittelmeier)

Radiologische (longitudinale) Verlaufsbeobachtung des Cobb-Winkels der idiopathischen Adoleszentenskoliose im Charleston Bending Night Brace

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Morris Stirn
geb. in Wiesbaden

Rostock, Dezember 2023

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004774

Gutachter:

PD Dr. med. Susanne Fröhlich, Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universitätsmedizin Rostock

JProf. Dr. med. Marie-Luise Kromrey, Zentrum für Radiologie, Universitätsmedizin Greifswald

PD Dr. med. Dr. med. Florian Geßler, Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Universitätsmedizin Rostock

Jahr der Einreichung: 2023

Jahr der Verteidigung: 2024

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG **4**

2. ZIELSETZUNG **5**

3. DIE IDIOPATHISCHE SKOLIOSE **6**

3.1 EINTEILUNG UND KLASSIFIKATION 6
3.2 EPIDEMIOLOGIE 8
3.3 ÄTIOLOGIE 9
3.4 DIAGNOSTIK 10
3.4.1 Klinische Diagnostik *10*
3.4.2 Bildgebende Diagnostik *11*
3.5 VERLAUF UND PROGNOSE 13
3.6 THERAPIE 15
3.6.1 Krankengymnastik *15*
3.6.2 Korsetttherapie *16*
3.6.3 Operative Therapie *19*

4. PATIENTEN UND METHODIK **21**

4.1 EINSCHLUSSKRITERIEN 21
4.2 PATIENTENKOLLEKTIV 21
4.3 DATENERHEBUNG 22
4.4 STATISTIK 23

5. ERGEBNISSE **24**

5.1 PATIENTENGRUPPEN 24
5.1.1 Geschlechterverhältnis *24*
5.1.2 Haupt-/Nebenkurven *24*
5.1.3 Kurvenlokalisation *24*
5.1.4 Lenkeklassifikation *24*
5.1.5 Risserstadium *24*
5.1.6 Rotation nach Nash & Moe *24*
5.1.7 Menarche *24*
5.2 COBB-WINKEL VOR THERAPIEBEGINN (T0) 25
5.2.1 Kohorte *25*
5.2.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel *25*
5.2.3 Haupt-/Nebenkurve *25*
5.2.4 Lokalisation *25*
5.2.5 Lenkeklassifikation *25*
5.2.6 Risserstadium *26*
5.2.7 Rotation nach Nash & Moe *26*
5.2.8 Menarche *26*
5.3 COBB-WINKEL NACH SECHS BIS ZWÖLF MONATEN (T1) 27
5.3.1 Kohorte *27*
5.3.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel *28*
5.3.3 Haupt-/Nebenkurve *28*
5.3.4 Lokalisation *29*
5.3.5 Lenkeklassifikation *29*
5.3.6 Risserstadium *30*
5.3.7 Rotation nach Nash & Moe *31*
5.3.8 Menarche *32*
5.4 COBB-WINKEL IM LONGITUDINALEN VERLAUF (T2/T3) 33
5.4.1 Kohorte *33*

5.4.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel *34*
5.4.3 Haupt-/Nebenkurve *36*
5.4.4 Lokalisation *37*
5.4.5 Lenkeklassifikation *38*
5.4.6 Risserstadium *40*
5.4.7 Rotation nach Nash & Moe *42*
5.4.8 Menarche *43*
5.5 ZUSAMMENFASSENDE ERGEBNISSE ÜBER DIE ENTWICKLUNG DES COBB-WINKELS 45
6. DISKUSSION **46**
7. ZUSAMMENFASSUNG **51**
LITERATURVERZEICHNIS **53**
ABBILDUNGSVERZEICHNIS **56**
TABELLENVERZEICHNIS **56**
ANHANG **57**
LEBENSLAUF **61**
EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG **62**
DANKSAGUNG **63**

1. Einleitung

Das aus dem Griechischen stammende Wort Skoliose (,,skolios‘‘=Krümmung) beschreibt die strukturelle Achsenabweichung eines Wirbelsäulenabschnittes in mehreren Ebenen [1, 2]. Das typische Krankheitsbild definiert sich durch seitliche Verkrümmungen in der Frontalebene, eine Torsion in der Transversalebene und sagittale Profilabweichungen in Form von Kyphosen oder Lordosen [3]. Die idiopathische Adoleszentenskoliose (Adolescent idiopathic scoliosis; AIS), deren Ätiologie ungeklärt ist, stellt mit 80-90% die häufigste Form der Erkrankung dar [4]. Das Auftreten der Skoliose ist nicht nur alters-, sondern auch geschlechtsabhängig [5, 6]. Die röntgenologische Wirbelsäulenganzaufnahme in zwei Ebenen stellt den Goldstandard der Diagnostik dar, wobei mit der standardisierten Winkelmessmethode nach Cobb der seitliche Krümmungswinkel in der Frontalebene gemessen und objektiviert werden kann. Durch eine von Nash und Moe eingeführte Klassifikation ist es weitergehend möglich die Rotation einzelner Wirbelkörper zu bestimmen [7–9]. Das Risiko für einen progredienten Verlauf der Erkrankung ist von verschieden Faktoren abhängig. Während geringe Krümmungswinkel und ein fortgeschrittenes Patientenalter bei Erstdiagnose als prognostisch günstig einzustufen sind, gelten ein gering fortgeschrittenes Skelettwachstum und eine noch nicht stattgehabte Menarche bei weiblichen Patienten als prognostisch ungünstige Faktoren [5, 10]. Therapeutisch besteht das vorrangige Ziel darin die Progredienz der Krümmung aufzuhalten und schon bestehende Deformitäten zu korrigieren. Ein möglichst frühzeitiger Therapiebeginn spielt diesbezüglich eine große Rolle. Während Cobb-Winkel von 10-20° hauptsächlich physiotherapeutisch therapiert werden, besteht bei Winkeln zwischen 40° und 50° eine Operationsindikation. Deformitäten zwischen 20° und 40° werden vorzugsweise mit speziell angefertigten Orthesen therapiert. Dabei kommen Orthesen (Ganztagesorthesen), welche 24 Stunden/Tag getragen werden sollen, aktuell am häufigsten zum Einsatz [11–16].

2. Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit soll anhand einer retrospektiven röntgenologischen Analyse zeigen, dass die radiologische Primärkorrektur des Cobb-Winkels im Charleston-Bending-Night-Brace deutlich höher liegt als im Cheneau-Korsett.

Arbeitshypothesen:

1. „Verschiedene Faktoren beeinflussen die radiologische Korrektur des Cobb-Winkels.‘‘
2. „Im longitudinalen Verlauf über 36 Monate sind aufgrund des Längenwachstums leichte Verschlechterungen des Cobb-Winkel zu erwarten.‘‘

Um die formulierten Hypothesen zu prüfen, wurden die Wirbelsäulenganzaufnahmen von 97 Patienten[1], welche mittels Charleston-Bending-Night-Brace therapiert wurden im Rahmen der Erstdiagnose (t0) und nach sechs bis zwölf Monaten (t1) radiologisch betrachtet und ausgewertet. Im longitudinalen Behandlungsverlauf wurden nach 13 bis 24 Monaten (t2) die Daten von 35 Patienten und nach 25 bis 36 Monaten (t3) von 29 Patienten analysiert.

Abschließend sollen die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Studie zum Bending-Night-Brace mit Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen zum Cheneau-Korsett diskutiert werden, um mögliche therapeutische Konsequenzen abzuleiten.

[1]: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der männlichen und weiblichen Form verzichtet. Alle Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für alle Geschlechter.

3. Die idiopathische Skoliose

Die idiopathische Skoliose beschreibt eine dreidimensionale strukturelle Wachstumsdeformität der Wirbelsäule, bei der keine ausgemachten pathognomonischen Faktoren vorliegen [17, 18]. Es kommt zu einer dauerhaften koronalen Krümmung der Wirbelsäule in der Frontalebene, gleichzeitiger Rotation in der Transversalebene und einer Profilabweichung einzelner Wirbelkörper in der Sagittalebene [19, 20, 17]. Laut der Scoliosis Research Society (SRS) ist dabei ein Cobb-Winkel von mindestens 10º maßgeblich für die Diagnosestellung [20, 19, 17].

3.1 Einteilung und Klassifikation

Grundlegend wird in vier verschiedene Skolioseformen unterteilt. Es werden neuromuskuläre, kongenitale, adulte und idiopathische Skoliosen voneinander unterschieden. Während die Ursachen für erst genannte Gruppen bekannt sind, bleiben diese bei der idiopathischen Skoliose ungeklärt [11].

Die idiopathische Skoliose lässt sich in weitere Gruppen subklassifizieren, wobei das Patientenalter bei Erstdiagnose maßgebend ist. Bei Diagnosestellung im Alter von null bis drei Jahren handelt es sich um die infantile Form der idiopathischen Skoliose [17, 21]. Bei Erstdiagnose zwischen dem vierten und neunten Lebensjahr wird von der juvenilen- und im Alter ab zehn Jahren von der adoleszenten Form der idiopathischen Skoliose gesprochen. [17, 18]. Die adulte Form liegt vor, wenn die Diagnose erst nach dem 18. Lebensjahr gestellt wird oder es zu einem Fortbestehen der adoleszenten Form kommt. Weiterhin kann altersabhängig in Early (EOS)- und Late-onset-Skoliosen (LOS) unterschieden werden, wobei häufig das fünfte Lebensjahr als Grenze gilt [22, 23]. Teilweise wird die EOS auch noch im zehnten Lebensjahr beschrieben [24].

Weitergehend wird anhand der Lokalisation des Scheitelpunktes der Hauptkrümmung in zervikale, zervikothorakale, thorakale, thorakolumbale, lumbale und lumbosakrale Skoliosen unterteilt. Sind zwei Hauptkrümmungen vorhanden, wird von einer Doppel-S- oder Doppel-Mayor-Skoliose gesprochen. Stark ausgeprägte Hauptkrümmungen werden häufig durch Nebenkrümmungen, die durch starken muskulären Zug entstehen ausgeglichen [21, 25].

Tab. 1: Bezeichnung der Skoliose anhand der Lokalisation des Scheitelpunkts [2]

Bezeichnung	**Scheitelpunkt**
Zervikal	C2-C6
Zervikothorakal	C7-Th1
Thorakal	Th2-Th11
Thorakolumbal	Th12-L1
Lumbal	L2-L4
Lumbosakral	L5 und unterhalb

Die am weitesten verbreiteten akademischen Klassifikationssysteme sind die nach King und nach Lenke [18]. Im System nach King wird der Schweregrad der Skoliose anhand der Lage des Cobb-Winkels und des Flexibilitätsindexes bestimmt und in fünf Klassen eingeteilt [26]. In dieser Klassifikation wird jedoch ausschließlich die Krümmung in der Transversalebene betrachtet, wobei eine mögliche Rotation in der Sagittalebene nicht erfasst wird. Außerdem können nur idiopathische Thorakalskoliosen eingeteilt werden. Aufgrund dieser Nachteile rückt die Lenke-Klassifikation immer mehr in den Fokus [9, 27].

Die 2001 eingeführte zweidimensionale Lenke-Klassifikation ermöglicht auf Basis von Wirbelsäulenaufnahmen in zwei Ebenen, sowie den Bending-Aufnahmen in Rechts- und Linksseitenlage, eine differenziertere Einteilung der idiopathischen Skoliosen. Zunächst erfolgt eine Einteilung in sechs verschiedenen Krümmungstypen (I-VI). Dabei wird auf Grundlage der Lokalisation, zwischen hochthorakaler, thorakaler, thorakolumbaler und lumbaler Krümmung unterschieden und anhand der Flexibilität, die strukturelle von der nicht strukturellen Krümmung getrennt. Liegt in der reversen Bendingaufnahme noch ein Winkel von $\geq 25^{0}$ vor, gilt die Krümmung als strukturell. Weiterhin gelten Krümmungen mit nachweislichen thorakalen oder thorakolumbalen Kyphosewinkeln von $> 20^{0}$ als strukturell [9, 28].

Anschließend wird der „lumbar-spine-modifier‘‘ bestimmt. Dabei wird die lumbale Ausprägung der Skoliose betrachtet und die Klassen I-IV in Abhängigkeit dieser weitergehend in die Subklassen A-C unterteilt. Zuletzt wird der „sagittal-thoracic-modifier‘‘ bestimmt. Hierbei wird in der seitlichen Wirbelsäulenaufnahme das Ausmaß der Kyphose bestimmt und schließlich ein weiteres Mal subklassifiziert. Als Norm (N) gilt ein Kyphosewinkel von 10-40° zwischen Th5 und Th12. Ist der Winkel kleiner bzw. größer erfolgt eine Einteilung in „-‘‘ bzw. „+“. Letztendlich erhält man unter Berücksichtigung des Krümmungstyps, des lumbalen-Modifiers und der sagittalen Ausprägung eine Klassifikation mit 42 verschiedenen Subtypen, die nicht nur eine genaue Einteilung der verschiedenen idiopathischen Skoliosen ermöglicht, sondern auch eine Erleichterung der Therapieplanung zur Folge hat [27, 9, 28].

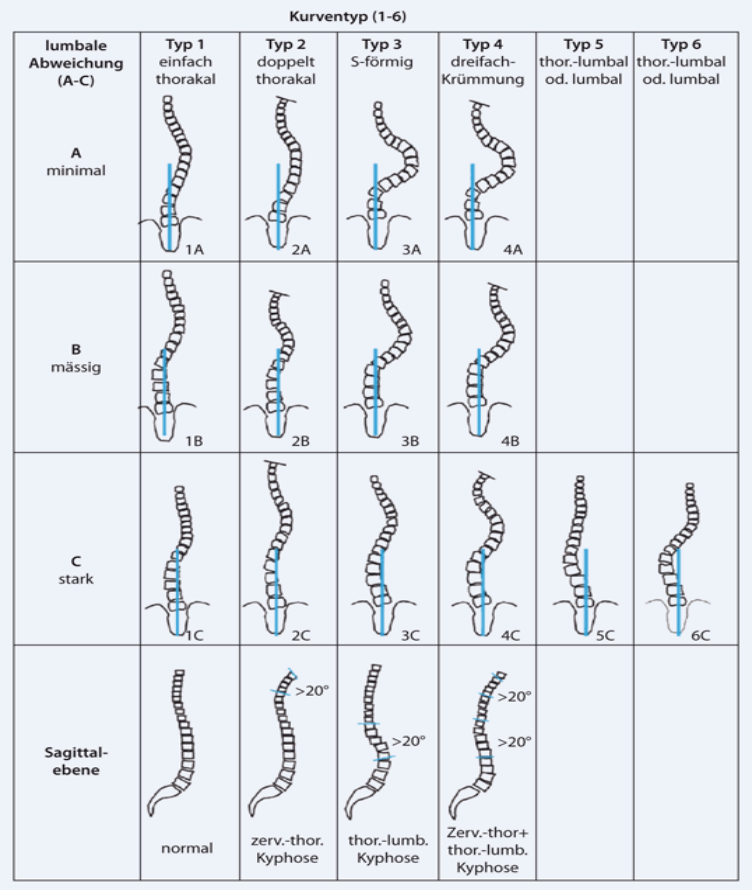


Abb. 1: Klassifikation nach Lenke [29]

3.2 Epidemiologie

Mit 80-90 % ist die AIS vor allem im Wachstumsalter deutlich häufiger vertreten als andere Skolioseformen [17]. In der weitergehenden Betrachtung der altersabhängigen Subklassen zeigen sich deutliche Verteilungsdifferenzen. Während die juvenile Form ca. 10-20 % aller idiopathischen Skoliosen darstellt, ist die infantile Form mit 1-2% recht selten zu finden. Die adoleszente Form macht mit 80-90 % den wesentlichen Anteil aus [6].

Idiopathische Skoliosen mit einem Cobb-Winkel von 10-20⁰ haben eine Prävalenz von ca. 1-3 %, wobei in der Literatur Wertschwankungen von 0,93-12 % zu finden sind [17, 5]. Im Verhältnis zwischen den Geschlechtern überwiegen die weiblichen Patienten mit einem Verhältnis von 2:1. Moderate Skoliosen mit einem Winkel von > 20⁰ haben eine Prävalenz von 0,5 %, wobei Mädchen hier vier- bis fünfmal so häufig betroffen sind [5, 6, 17].

Liegt der Cobb-Winkel über 30⁰ sind Mädchen mit einem Verhältnis von 7:1 deutlich häufiger betroffen, wobei die Prävalenz in dieser Gruppe bei insgesamt ca. 0,1-0,3 % liegt [5].

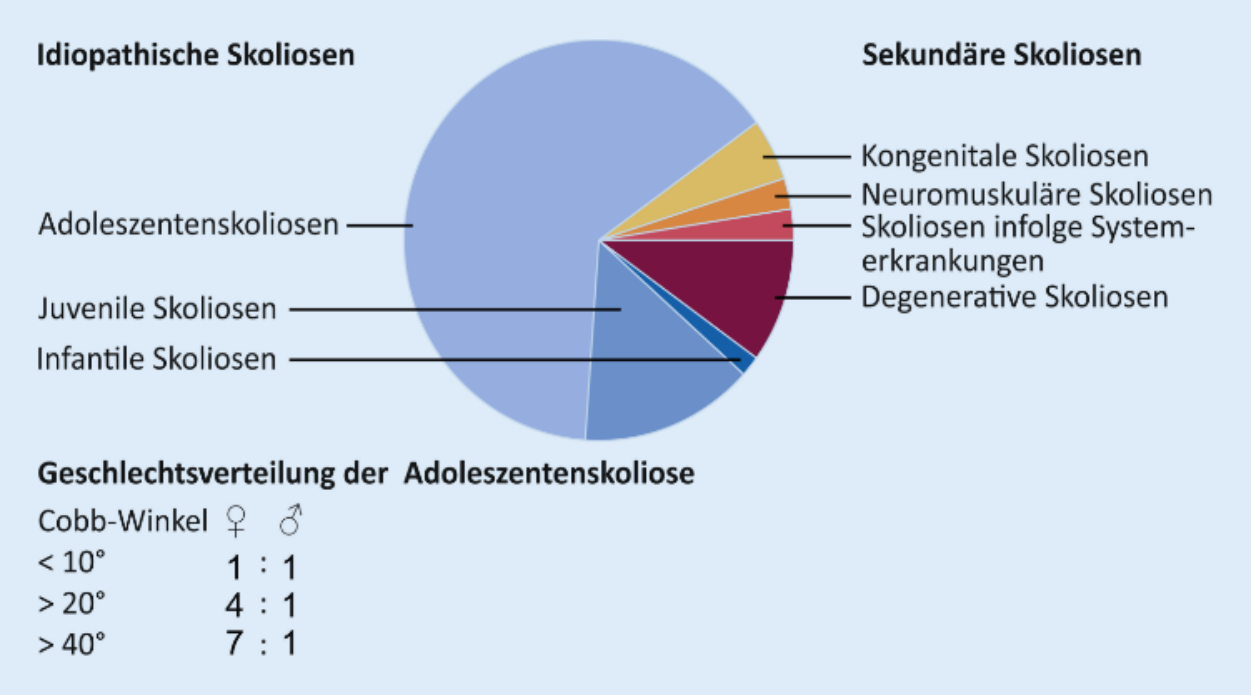


Abb. 2: Epidemiologie der verschiedenen Skolioseformen [4]

3.3 Ätiologie

Bei nur 10-20 % aller Skoliosen ist der ursächliche Entstehungsprozess bekannt. Diese als „sekundär" bezeichneten Skoliosen sind meist auf neuropathische, osteopathische oder myopathische Erkrankungen zurückzuführen. Aber auch kongenitale und syndromale Skoliosen werden als sekundär eingestuft [11, 4].

Die Ursache für die weitaus häufigere „idiopathische" Skoliose ist bislang nicht bekannt, jedoch wird von einer multifaktoriellen Entstehung ausgegangen. Während ein einheitlicher Erbgang ausgeschlossen werden konnte, spielen genetische, hormonelle und biomechanische Prozesse mit hoher Wahrscheinlichkeit eine entscheidende Rolle. Laut der Theorie nach Hefti kommt es während des Wachstums zu einer Dysbalance zwischen Wirbelkörper und dorsalen Elementen, die eine seitlich drehende Ausweichbewegung der Wirbel und eine vermehrte Lordosierung zur Folge hat. Letzten Endes entsteht dabei ein dreidimensionales Krankheitsbild [30, 31, 7, 14, 32].

3.4 Diagnostik

Die Basisdiagnostik der Skoliose setzt sich aus Anamnese, klinischer Diagnostik und bildgebenden Verfahren zusammen. Um sekundäre Ursachen auszuschließen, sollten anamnestisch mögliche Verzögerungen, Missbildungen oder neurologische Auffälligkeiten in der kindlichen Entwicklung eruiert werden. Da die Skoliose per se eine schmerzlose Erkrankung ist, können vorkommende Schmerzen Hinweise auf sekundäre Skolioseformen geben. Bei zunächst asymptomatischen Patienten kann die Familienanamnese Aufschluss über mögliche genetische Dispositionen bringen [22, 43].

3.4.1 Klinische Diagnostik

Um eine exakte Untersuchung und Beurteilung der Patienten zu ermöglichen, ist zu Beginn der Vorstellung eine mögliche Beinlängendifferenz auszuschließen bzw. auszugleichen. Anschließend wird der Rücken des stehenden Patienten betrachtet, wobei häufig schon eine Differenz der Schulterhöhe oder eine Asymmetrie der Taillendreiecke festgestellt werden kann. Aber auch ein nicht exakt in die Rima ani fallendes Lot der Vertebra prominens kann Hinweis auf eine bestehende Skoliose geben. Bei seitlicher Betrachtung können sagittale Fehlstellungen erkannt werden [7, 43]. Da beim stehenden Patienten mit geringfügiger Skoliose Pathologien nicht immer direkt erkennbar sind, hat sich der Vorbeugetest als wichtiges diagnostisches Mittel etabliert. Die Patienten werden gebeten sich nach vorne zu beugen und die Hände dabei in Richtung Boden fallen zu lassen. Konvexseitig sind dabei sowohl ein Rippenbuckel als auch eine Lendenwulst zu erkennen, die aufgrund der Wirbelkörperrotation entstehen. Mit Hilfe eines Skoliometers können die gemachten Beobachtungen objektiviert werden, wobei ab Winkeln von sieben Grad zur Horizontalen eine bildgebende Diagnostik angestrebt werden sollte [22, 7].



Abb. 3: Vorbeugetest - Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorhanden

3.4.2 Bildgebende Diagnostik

Die röntgenologische Wirbelsäulenganzaufnahme in zwei Ebenen gilt nach wie vor als Goldstandard der bildgebenden Diagnostik. Beim stehenden Patienten werden jeweils Aufnahmen im posterior-anterioren und seitlichen Strahlengang angefertigt [7, 22, 43]. Während auf der seitlichen Aufnahme das sagittale Profil anhand der thorakalen Kyphose und lumbalen Lordose bewertet werden kann, erfasst die p.a.-Aufnahme sowohl den Skoliosewinkel als auch die Wirbelkörperrotation. Die Methode nach Cobb ermöglicht dabei eine objektivierte und einheitliche Vermessung der Winkel, während die Rotation anhand der Klassifikation nach Nash and Moe beurteilt werden kann. Bei besonders ausgeprägten Winkeln werden zur Beurteilung der Rigidität sogenannte Bending-Aufnahmen in maximaler Seitneigung nach links und rechts erstellt. Diese spielen insbesondere bei der Therapieplanung im operativen Bereich eine Rolle, da sie die mögliche Korrigierbarkeit bestehender Deformitäten zeigen [4, 7, 43].

Bei der Winkelmessung nach Cobb werden zunächst die Wirbelkörper, welche die Krümmung begrenzen, ausgemacht. Diese Neutralwirbel liegen am Wendepunkt der Krümmung und sind gegenüber der Sagittalebene am stärksten geneigt. Anschließend werden die jeweiligen Wirbelkörperdeckplatten durch einfache Geraden verlängert. Während am kranialen Wirbelkörper die obere Deckplatte gewählt wird, wird am unteren Wirbelkörper die Grundplatte genutzt. Am Schnittpunkt der beiden Geraden ist anschließend der Winkel nach Cobb zu messen. Da der Schnittpunkt bei sehr gering ausgeprägten Skoliosen außerhalb der Röntgenaufnahme liegen kann wird alternativ das jeweilige Lot der Verlängerungsgeraden eingezeichnet und anhand deren Schnittpunkt der Winkel bestimmt [33–36].

Weitere röntgenologische Verfahren wie das CT oder MRT spielen in der Diagnostik der AIS nur eine untergeordnete Rolle [21], wohingegen das EOS-Imaging in den letzten Jahren an diagnostischer Bedeutung gewonnen hat. Mithilfe dieses digitalen Röntgensystems lassen sich bei geringer Strahlenbelastung dreidimensionale Rekonstruktionen der Wirbelsäule erstellen. Anhand dieser Aufnahmen ist eine diagnostische Beurteilung der Fehlstellung in verschiedenen Ebenen möglich. Weiterhin ermöglicht die simultane Aufnahme eine präzise Messung der Krümmungswinkel. Wichtiger als in der Diagnostik ist das EOS-System jedoch für eine mögliche Operationsplanung [66, 67].

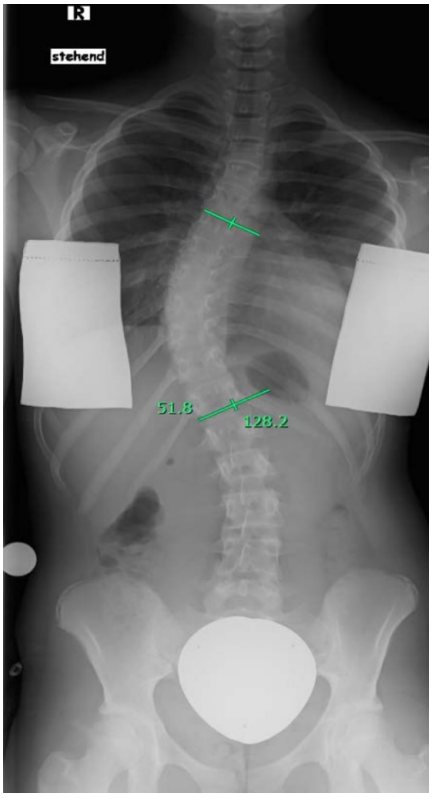


Abb. 4: Eingezeichneter Cobb-Winkel (51,8°) bei einer rechtskonvexen Skoliose (der offene Winkel von 128,2° steht nicht in Zusammenhang mit diesem) - Bilder OUK, Einverständnis der Eltern Vorliegend

Mit der Klassifikation nach Nash and Moe lässt sich die Rotationsausprägung der Skoliose in vier Klassen unterteilen. Dazu wird der Wirbelkörper in insgesamt sechs Abschnitte geteilt, wobei jedoch lediglich die drei Abschnitte auf der Konvexseite der Krümmung von größerer Bedeutung sind. Wird anschließend der Pedikelschatten betrachtet, ist anhand dessen Lage eine einfache Zuordnung in eine der Klassen möglich. Während Klasse I einer Rotation von etwa 5° entspricht, so sind es in Klasse II schon 15°. Die Klassen III und IV entsprechen 30° bzw. 40° [37, 1, 38].

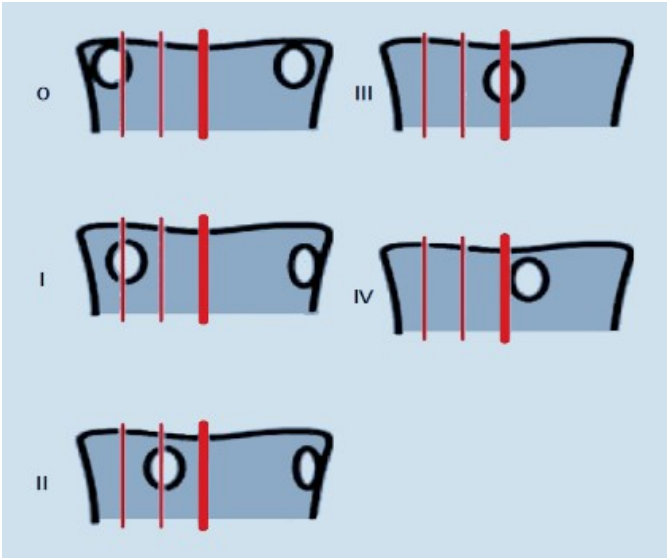


Abb. 5: Schematische Darstellung der Nash & Moe-Klassifikation [1]

3.5 Verlauf und Prognose

Der Verlauf bzw. die Progredienz der Skoliose ist multifaktoriell bedingt. Von ausgeprägter Bedeutung für die Progredienz sind die Skelettreife, das Einsetzen der Regelblutung (Menarche) und das Manifestationsalter. Aber auch das Kurvenausmaß und die Lokalisation der Kurve sind von großer prognostischer Wichtigkeit [5, 10].

Bei jüngeren Patienten mit Early-onset Skoliosen bzw. mit infantiler oder juveniler idiopathischer Skoliose besteht schon bei gering ausgeprägten Cobb-Winkeln ein erhöhtes Progredienzrisiko, welches auf eine große Wachstumsreserve zurückzuführen ist [24]. Während eines Wachstumsschubes kommt es zu einem schnellen Längenwachstum der Wirbelsäule und einer damit einhergehenden Verschlechterung des Krümmungsausmaßes [5]. Diese Schübe haben ihre Gipfel zwischen dem 5.-8. und 12.-14. Lebensjahr [39]. Patienten mit adoleszenten bzw. Late-onset Skoliosen haben eine geringere Wachstumsreserve und somit eine geringeres Progredienzrisiko [21]. Sehr gering ausgeprägte infantile idiopathische Skoliosen mit niedrigen Cobb-Winkeln können während des Wachstums sogar eine Regredienz oder einen vollständiger Ausgleich der Krümmung erfahren [18].

Während in den Vereinigten Staaten der Sanders Score, bei welchem die Verknöcherung der Epiphysenfugen der Hand zur Objektivierung der Skelettreife und dem somit noch vorhandenen Wachstumspotential herangezogen wird, ist in Europa der Risser-Score weit verbreitet. Dazu wird die Verknöcherung der Beckenkamm-Apophysen im Röntgen betrachtet und eine Einteilung in die Stadien 0-5 vorgenommen [40]. Zudem wird bei Mädchen davon ausgegangen, dass die Skelettreife 18-24 Monate nach Eintritt der Menarche, also dem Zeitpunkt der einsetzenden Regelblutung erreicht ist und das Risiko zur weiteren Krümmungsprogredienz damit deutlich sinkt [18].

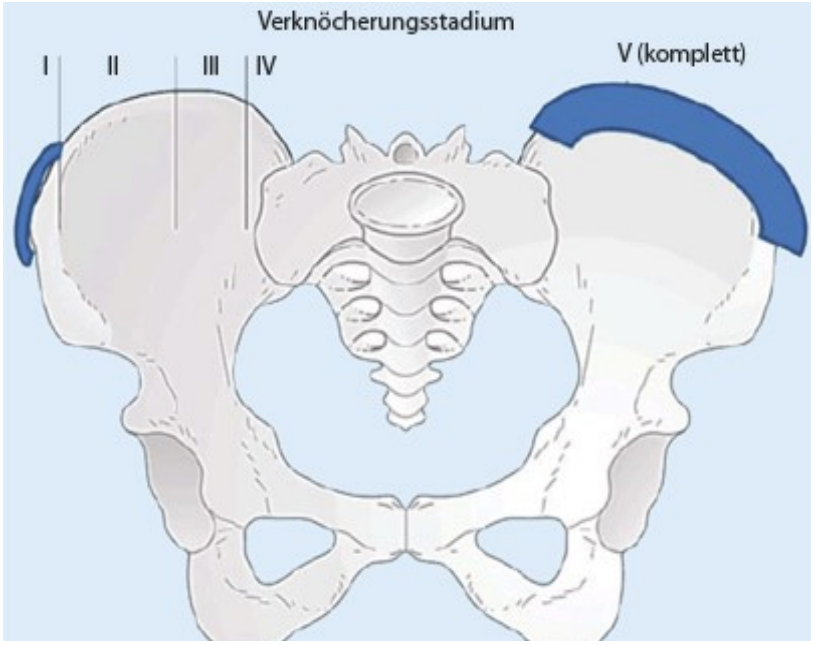


Abb. 6: Darstellung der Risser-Stadien [38]

Sind die Beckenbein-Apophysen mit dem Darmbein verschmolzen und somit ein Risser-Score von 5 vorliegend, ist von keinem weiteren wesentlichen Wachstum der Wirbelsäule mehr auszugehen. Eine deutliche Verschlechterung der Krümmung ist somit unwahrscheinlich. Für beide Geschlechter gelten niedrige Risser-Scores als prognostisch ungünstig [19, 5].

Tab. 2: Darstellung des restlichen Wirbelsäulenwachstums in Abhängigkeit vom Risser-Stadium [14]

Skelettreife nach Risser-Stadium	**Restliches Wirbelsäulenwachstum in cm**
0	>5
1	4
2	3
3	2
4	1
5	0

Ein Risser-Score von I ist bei einem Cobb-Winkel von 20° mit einem 10 % Risiko für einen progredienten Verlauf verbunden, während es bei einem Winkel von 30º in 60 % der Fälle zu einer Progression der Krümmung kommt. Bei einem Risser-Score von II liegt das Progressionsrisiko für eine 20º Kurve noch bei 2 % und bei einer 30º Kurve nur noch bei 30 %. Im Stadium Risser-III gilt ein erhöhtes Risiko für Winkel ab $\geq$ 20º, welches mit ca. 12 % beziffert wird. In höheren Stadien ist von keiner nennenswerten Progredienz mehr auszugehen [41, 42].

Während der Wachstumsphase spielt neben der Knochenreife auch der schon bestehende Cobb-Winkel eine Rolle für die mögliche Progredienz der AIS. Bei einem bestehenden Winkel von 5° geht man von einem Progressionsrisiko von 10 % aus, bei einem Winkel von 10º liegt das Risiko schon bei 20 % und bei einem Winkel von 20º sogar bei 30 % [43]. Winkel zwischen 20° und 29° zeigen in 60 % der Fälle eine Krümmungsverschlechterung, während sich Winkel ab 30° in 90-100 % der Fälle progredient zeigen [44].

Ist der Cobb-Winkel >45º kommt eine operative Versorgung in Betracht [18]. Liegt der präpubertäre Krümmungswinkel zwischen 20º und 30º kommt es in 75 % der Fälle zu einer Operation, liegt er bei über 30º wird von einer Operationswahrscheinlichkeit von 100 % ausgegangen [43].

3.6 Therapie

Die Therapie der Skoliose setzt sich aus mehreren Optionen zusammen, die sowohl einzeln als auch kombiniert zur Anwendung kommen können. Dabei bleibt nicht unumstritten, welche Behandlungsstrategie als optimal anzusehen ist. Hauptsächlich kommen konservative Maßnahmen in Form von Krankengymnastik und Korsetttherapie zum Einsatz. Operative Eingriffsmöglichkeiten kommen dahingegen seltener und nur bei stärker ausgeprägten Krankheitsbildern zur Anwendung [11]. Das grundlegende Ziel der Korsettbehandlung ist das Aufhalten der Krümmungsprogredienz [13]. Aber auch das Vermeiden von Rückenschmerzen oder Organdysfunktionen aufgrund von Volumenminderungen im Thorax oder Abdomen und kosmetische Aspekte spielen eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Um diese Ziele zu erreichen und operative Maßnahmen möglichst zu verhindern, ist ein frühzeitiger Beginn der Therapie von großer Bedeutung [12].

Die Auswahl der Therapiestrategie ist abhängig von mehreren Faktoren, wobei in erster Linie das initiale Krümmungsausmaß als Parameter herangezogen wird. Aber auch die Progredienz der Erkrankung und das noch zu erwartende Restwachstum des Patienten spielen eine wichtige Rolle in der Therapieplanung [4]. Während bei einem Cobb-Winkel von 10-20° die Krankengymnastik als primäre Therapieoption in Frage kommt, wird bei Winkeln zwischen 20-40° meist die Indikation zur Korsetttherapie gestellt. Eine definitive Operationsindikation besteht bei Winkeln ab 40° bzw. 50° [14].

3.6.1 Krankengymnastik

Die Krankengymnastik stellt eine grundlegende Therapieoption zur Behandlung von Skoliosepatienten dar und zielt u.a. auf eine Stärkung der Rückenmuskulatur zur Verhinderung einer Einsteifung der Wirbelsäule ab. Weiterführend kann bei gleichzeitiger Korsetttherapie die Atemtherapie als wichtiger Bestandteil der Physiotherapie angewandt werden [19].

Während die positiven Langzeitwirkungen der Krankengymnastik in vielen veröffentlichten Studien nicht evidenzbasiert nachgewiesen werden konnten, sind die kurzzeitig positiven Effekte hinreichend belegt [45, 46, 8]. Hierbei hat sich insbesondere die Schroth-Therapie etabliert, die neben motorischen Zielen auch soziale und psychosomatische Aspekte verfolgt [47].

3.6.2 Korsetttherapie

Die Indikation zur Korsetttherapie besteht bei Cobb-Winkeln zwischen 20-40°, wobei sich die Patienten noch vor dem pubertären Wachstumsschub bzw. zwei Jahre vor abgeschlossener Skelettreife befinden sollten. Aber auch nachgewiesene oder noch zu erwartende Krümmungsprogredienzen von mindestens 5° innerhalb eines halben Jahres geben den Anlass zur konservativen Therapie mittels Korsetts [19, 14].

Die durchschnittliche tägliche Tragedauer hat einen entscheidenden Einfluss auf das Ausmaß des Therapieerfolgs. Während bei null bis sechs Stunden getragenen Tag-Orthesen (Cheneau- und Bostonkorsett) lediglich eine Erfolgsrate von 50 % zu verzeichnen ist, ist bei Einhalten der regulären Tragedauer von 18-24 Stunden eine deutlich höhere Erfolgsaussicht beschrieben [15].

Die Wirkprinzipien der Korsetttherapie beruhen auf verschiedenen Komponenten, die in Abhängigkeit vom eingesetzten Orthesentyp in unterschiedlicher Ausprägung zur Geltung kommen. Eine passive Komponente folgt dabei den Gesetzen der Biomechanik und sorgt durch Zug-, Druck- und Biegekräfte für eine Extension, Derotation und Entkrümmung des betroffenen Wirbelsäulenabschnitts. Dabei wird die Wirkung nach dem 3-Punkt-Prinzip über Druckpelotten an den jeweiligen Krümmungskonvexitäten entfaltet [48]. Eine aktive Aufrichtung, die besonders in Cheneau-Korsetten Anwendung findet, erfolgt über eine speziell erlernte Atmung [13, 48, 19]. Neben dem Ausgangswinkel, der Krümmungsform und der Lokalisation spielen auch physische und psychische Aspekte eine Rolle bei der Auswahl des richtigen Korsetts [19].

3.6.2.3 Cheneau-Korsett

Das Wirkprinzip des Cheneau-Korsetts basiert zusätzlich zum passiv korrigierenden 3-Punkt-Prinzip auf der Atemtechnik der Patienten und wird folglich auch als „aktives Inspirations-Derotations-Korsett“ [19] bezeichnet. Es ist das in Europa am weitesten verbreitete Korsett und als 24-Stunden Orthese konzipiert. Häufig wird es bei thorakalen Skoliosen verwendet, was auf die von der Atmung abhängigen Wirkungsweise zurückzuführen ist. Ziel ist es, die typisch starke Atembewegung der Konvexität zu vermeiden und ein vermehrtes Atmen in die konkave Seite hinein zu erlernen, was durch den Pelottendruck und speziell gelassene Korsettfreiräume ermöglicht wird. Durch die Atemexkursion der Konkavität kommt es letzten Endes zu einer Korrektur in Frontal- und Transversalebene. In der Sagittalebene wird durch eine leichte Brustkyphosierung eine Verstärkung eines möglicherweise bestehenden Flachrückens verhindert [19, 11, 13, 2].

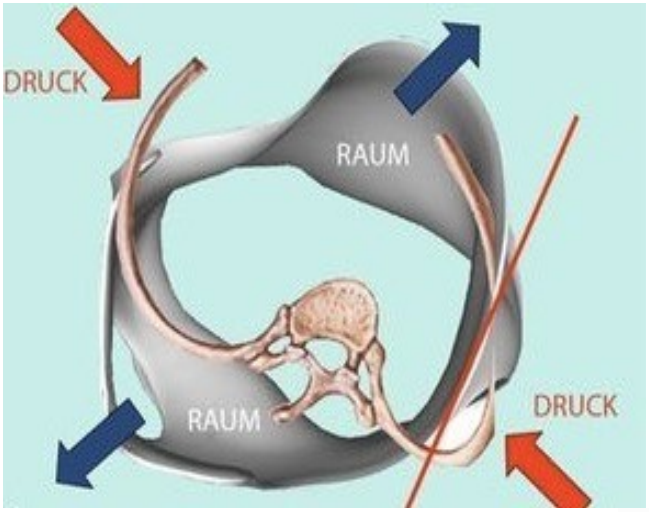


Abb. 7: : Darstellung der Funktionsweise des Cheneau-Korsetts [36]

3.6.2.1 Boston-Korsett

Mit dem modularen Boston-Korsett werden in erster Linie Patienten mit lumbal liegenden Krümmungen therapiert. Zur Korrektur der Krümmung in der Frontalebene werden Pelotten nach dem 3-Punkt-Prinzip verwendet. Durch eine, über eine weitere Pelotte von lateral einwirkende passive Kraft kommt es zur transversalen Derotation eines Wirbelkörpers, wobei ein diagonalseitiger Gegenhalt eine Überkorrektur verhindert. Das auch als Derotationsorthese bezeichnete Boston-Korsett kann seine Wirkung jedoch lediglich bis zu einem Scheitelwirbel auf Höhe von Th9/Th10 entfalten, weshalb die Anwendung auf den lumbalen Bereich beschränkt ist [19, 11].

3.6.2.2 Milwaukee-Korsett

Das Milwaukee-Korsett kommt heutzutage nur noch sehr selten zur Therapie von hochthorakalen Skoliosen zum Einsatz. Ein bei der Konstruktion des Korsetts verwendeter Halsaufbau, der die Patienten mittels unterhalb des Kinns liegender Pelotten passiv zur Extension zwingt und gerade im schwer zugänglichen Schulterbereich lediglich zu einer unzureichenden Verbesserung der Krümmung führt, stößt nicht zuletzt aus kosmetischen Gründen häufig auf Ablehnung. Durch eine Achselschlaufe kann zusätzliche eine von lateral korrigierende Kraft eingestellt werden, wodurch theoretisch eine Korrektur in mehreren Ebenen ermöglicht wird. Nichtsdestotrotz ist das Milwaukee-Korsett im Hinblick auf die erzielten Nachuntersuchungsergebnisse dem neueren Cheneau-Korsett unterlegen, was zu einer immer seltener werdenden Indikationsstellung führt [19, 11].

3.6.2.3 Charleston-Bending-Night-Brace

Das 1989 eingeführte Charleston-Bending-Brace stellt unter allen Nachtkorsetten die beste Alternative zur klassischen Korsett-Therapie dar. Im Vergleich zu anderen Nachtorthesen wurden geringere Einschränkungen der Lebensqualität im Hinblick auf Schmerzen, Schlafverhalten oder psychosoziale Faktoren nachgewiesen. Aufgrund der zeitlich befristeten Tragedauer der Orthese ist außerdem mit einer hohen Compliance seitens der Patienten zu rechnen [49–51].

Das Korsett wird für mindestens acht Stunden in der Nacht getragen. Grundsätzlich sollte dies im Schlaf oder während des Liegens in waagerechter Position geschehen. Durch eine maximale Seitneigung in die der Krümmung entgegengesetzte Richtung, gleichzeitigen Druck auf den Krümmungsapex und ein axilläres Widerlager soll letzten Endes eine Korrektur der Fehlstellung erreicht werden. Die im Liegen fünf bis sieben Zentimeter längere Wirbelsäule ermöglicht eine größere Korrekturfläche, welche insbesondere beim Ausnutzen des axillären Widerlagers von Bedeutung ist. Weiterhin ist die physiologische S-Form der Wirrbelsäule im Liegen abgeflacht, was eine bessere Korrigierbarkeit nach sich zieht. Nicht selten kommt dabei es sogar zu einer Überkorrektur in die entgegengesetzte Richtung der ursprünglichen Kurve [19, 11]. Gerade bei adoleszenten idiopathischen Skoliosen mit geringen Ausgangswinkeln kann die Nachtorthese als empfehlenswerte Therapieoption angesehen werden [49].

Langzeitstudien zur Effektivität des Bending-Night-Braces zeigen, dass schon das achtstündige Tragen des Korsetts ausreicht, um mit den etablierten Tagorthesen mitzuhalten. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass in vielen Fällen nicht nur zu einem Aufhalten der Krümmungsprogredienz kommt, sondern auch eine Verbesserung im Sinne einer Krümmungsrückbildung möglich ist [52, 53].



Abb. 8: links: Darstellung eines Bending-Night-Braces; rechts: Gipsmodelle eines Patienten stehend sowie liegend in Bending-Position der oberen BWS, Bilder OUK

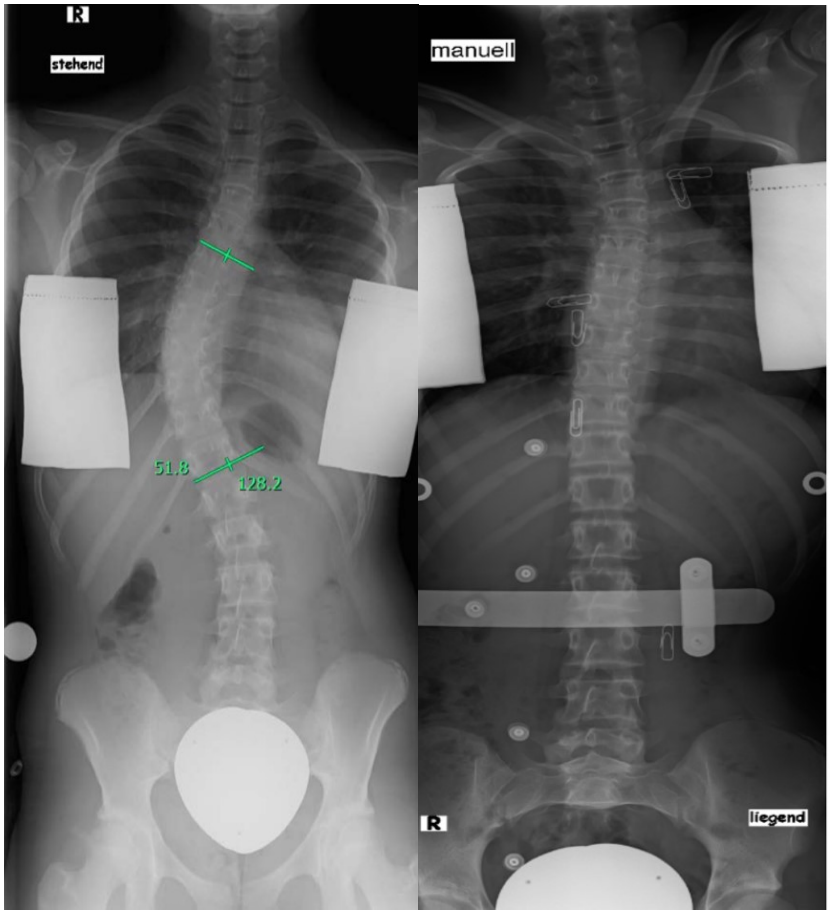


Abb. 9:: Röntgenkontrollaufnahme des Cobb-Winkels einer rechtskonvexen, im Bending-Night-Brace versorgten AIS (die Büroklammern markieren den Sitz der Druckpelotten und werden nach erfolgter Kontrolle durch die Orthopädietechnik entfernt) -Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend

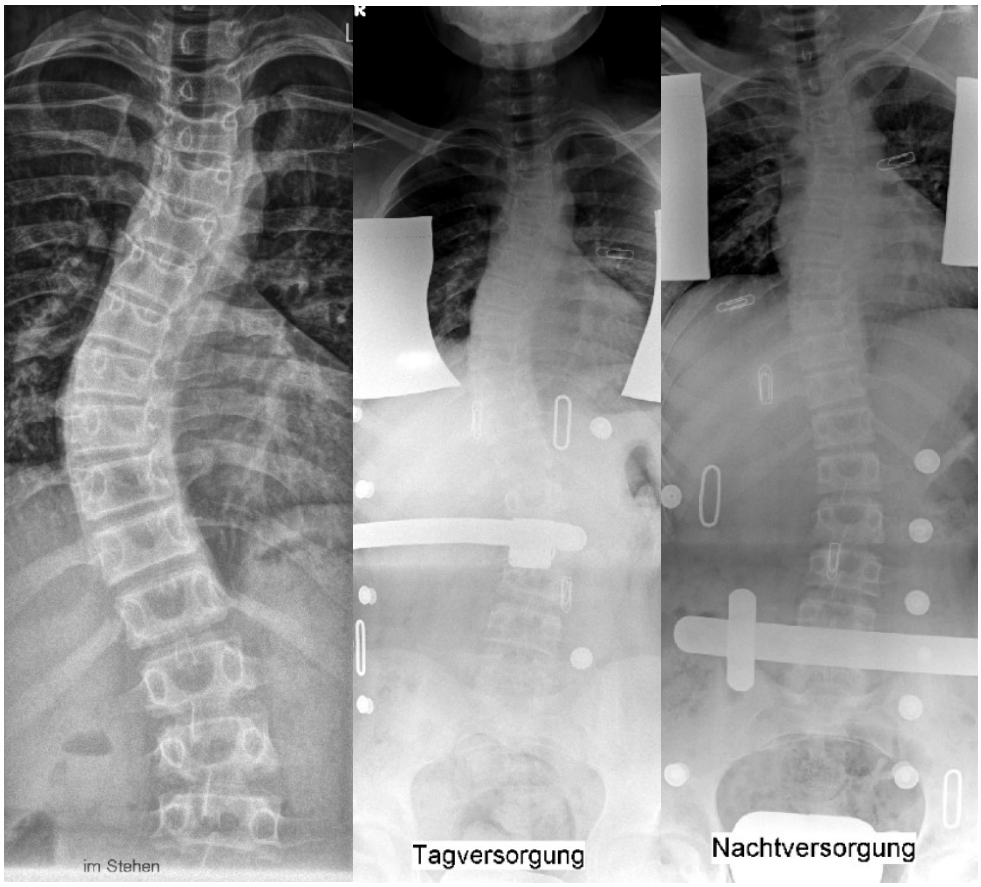


Abb. 10: Gegenüberstellung von Tag- und Nachtorthese; Die dargestellten „Büroklammern" sind auf die Orthese aufgeklebt und markieren den Pelottendruck,-Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend

3.6.3 Operative Therapie

Liegen Cobb-Winkel von ≥ 40° im Bereich der LWS oder ≥ 50° im Bereich der HWS vor, so sind diese zumeist nicht mehr allein durch konservative Maßnahmen zu therapieren. In diesen Fällen liegt häufig eine Operationsindikation vor, die u.a. unter Berücksichtigung der Progression gestellt und sorgfältig geprüft werden muss [14].

Als primäre Ziele der Operation gelten das Aufhalten der Progredienz, eine Korrektur der Deformität in allen drei Ebenen und eine kosmetische Verbesserung. Im Anschluss an den Eingriff gilt es, das erreichte Ergebnis aufrecht zu erhalten und ggf. weiter zu verbessern [11][6].

Als momentaner Goldstandart in der operativen Skoliosetherapie gelten versteifende Operationsverfahren, die sich in ventrale und dorsale Verfahren unterteilen lassen. Beide haben gemein, dass durch das Einbringen von Implantatsystemen eine möglichst kurzstreckige Fusion einzelner Wirbelsäulenkomponenten erreicht werden soll [54].

Während bei einbogigen Skoliosen vornehmlich ventrale Operationstechniken zum Einsatz kommen, werden mehrbogige Krümmungen hauptsächlich von dorsal operiert. Ventrale Techniken bieten bei gleichzeitig kürzeren Fusionsstrecken bessere Derotationsergebnisse und

größere sagittale Verbesserungsmöglichkeiten. Dabei ist eine höhere Morbidität mit Lungenfunktionseinschränkungen und Beschränkungen der Schulterfunktion aber nicht außer Acht zu lassen [11, 4].

Dorsale Eingriffe gehen mit einer längeren Fusionsstrecke einher und sind deshalb gerade bei mehrbogigen Skoliosen von Vorteil. Aufgrund der immer besser werdenden Korrekturmöglichkeiten, einer geringeren Morbidität und auch kürzer werdenden Fusionslängen spielt die dorsale Eingriffstechnik jedoch auch bei kurzen, einbogigen Skoliosen eine immer größer werdende Rolle [4, 11].

Während sich die versteifenden Verfahren gerade bei älteren, nicht mehr wachsenden Patienten durchgesetzt haben, besteht bei jüngeren Patienten die Gefahr einer unproportionierten Rumpfverkürzung durch ein gestopptes Längenwachstum. Um dies zu verhindern wurden spezielle, mitwachsende Implantationssysteme, sogenannte MID-C Systeme entwickelt, welche das Wachstum zwar nicht einschränken, es jedoch lenken. Folglich wird ein gleichmäßiges Wachstum des Rumpfes ermöglicht, während eine Korrektur der schon bestehenden bzw. noch progredienten Fehlstellung stattfinden kann. Bei der Anwendung dieser dynamischen Systeme ist aber eine gute Compliance seitens der Patienten erforderlich, da Folgeeingriffe und eine definitive Versorgung von Nöten sein können [11, 55].

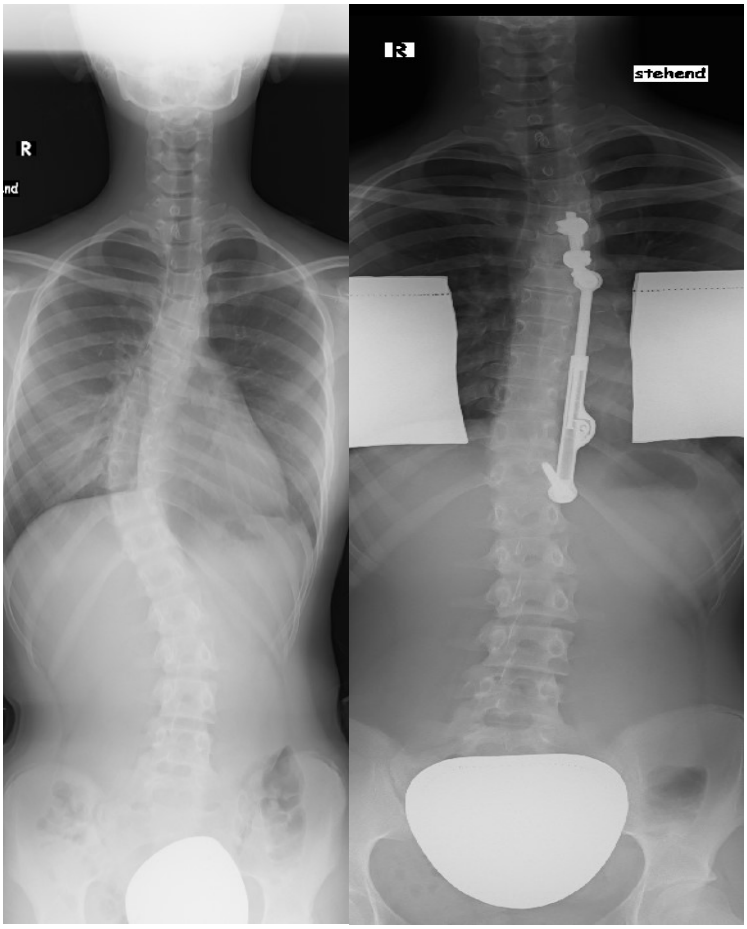


Abb. 11: links: AIS, rechtskonvex, Risser 2; rechts: operativ versorgte AIS mit dem ApiFix-Sytem 24 Monate postoperativ Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend

4. Patienten und Methodik

4.1 Einschlusskriterien

In die Verlaufsbeobachtung wurden ausschließlich Patienten mit einer AIS eingeschlossen, die nach Erstdiagnose mit einem Charleston-Bending-Night-Brace therapiert wurden. Weiterhin mussten vor Behandlungsbeginn standardisierte röntgenologische Wirbelsäulenganzaufnahmen ohne Orthese im Stehen vorliegen, anhand derer die Bestimmung des Cobb-Winkels, der Nash&Moe Rotation, des Lenke-Kurventyps und des Risserstadiums möglich sein musste. Im Übrigen war das Vorhandensein von mindestens einer weiteren Röntgenaufnahme mit anliegendem Bending-Night-Brace 6-12 Monate nach Behandlungsbeginn obligatorisch.

4.2 Patientenkollektiv

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Auswertung und Analyse von Krankenakten und Röntgenbildern aus dem Patientenkollektiv der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Rostock. Um den longitudinalen Verlauf zu vervollständigen, fanden anschließend follow-up Untersuchungen statt. Die retrospektiv erfassten epidemiologischen und radiologischen Daten beziehen sich auf Patienten, die im Zeitraum zwischen 10/2010 und 09/2020 mit einer idiopathischen Skoliose vorstellig wurden.

Von insgesamt 247 betrachteten Fällen erfüllten 97 Patienten die Einschlusskriterien der Studie. In 55 Fällen lag eine einfache Krümmung, in 42 Fällen eine doppelbogige Krümmung vor. Somit wurden schlussendlich 97 Haupt- und 42 Nebenkrümmungen betrachtet.

Alle in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden initial mit dem Bending-Night-Brace versorgt und erschienen nach 6-12 Monaten (t1) zur ersten radiologischen Kontrolle der Kurvenkorrektur im Korsett. Nachfolgend fand eine Wiedervorstellung alle drei und sechs Monate statt. Während 52 Patienten ausschließlich initial im Rahmen der ersten Kontrolluntersuchung untersucht wurden, konnten 45 Patienten zusätzlich zu verschiedenen Zeitpunkten im longitudinalen Verlauf betrachtet werden. Dieser bezog sich auf einen Zeitraum von 13-24 Monate (t2) und 25-36 Monate (t3) nach Therapiebeginn. Der Patienten Drop-Out ist durch mangelnde Compliance seitens der Patienten und nicht zeitgerechter Wiedervorstellung zu den Kontrolluntersuchungen zu begründen.

4.3 Datenerhebung

Anamnese, klinische Untersuchung und röntgenologische Verlaufskontrollen

Im Rahmen der Erstvorstellung der Patienten erfolgte eine detaillierte Anamneseerhebung, die sich aus Eigen- und ggf. zusätzlicher Fremdanamnese zusammensetzte. Neben der Dokumentation von Alter und Geschlecht der Patienten wurden krankheitsspezifische Symptome bzw. Beschwerden und mögliche Begleiterkrankungen erfragt. Weiterhin spielte der Ausschluss einer sekundären Krankheitsgenese eine wichtige Rolle. Dafür legte der Untersucher ein besonderes Augenmerk auf potentielle neuromuskuläre, kongenitale oder systematische Komorbiditäten. Aber auch familiäre Häufungen mussten als prädisponierender Faktor ausgeschlossen werden. Um Rückschlüsse auf die Skelettreife ziehen zu können, gehörte auch die Dokumentation des Wachstumsverhaltens und der Menarche der weiblichen Patienten zur vollständigen Anamnese.

Die klinische Untersuchung erfolgte nicht nur zur Diagnosestellung, sondern auch während der Kontrolluntersuchungen. Bei Betrachtung des entkleideten Oberkörpers der Patienten konnten bei stark ausgeprägten Fällen schon erste Krankheitsanzeichen erkannt werden. Der außerdem durchgeführte Vorbeugetest ermöglichte es dem Untersucher anhand eines auftretenden Rippenbuckels oder einer sichtbaren Lendenwulst weniger stark ausgeprägte Fälle zu erkennen.

Zur Erstuntersuchung wurde von jedem Patienten eine ursprüngliche Wirbelsäulenganzaufnahme in zwei Ebenen erstellt. Eine standardisierte Stellung der Patienten im aufrechten Stand mit durchgestreckten Beinen ermöglichte eine Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Untersuchung. Diese minimierte nicht nur die Verfälschung der anhand der Röntgenaufnahme zu erhebenden Daten, sondern ermöglichte auch eine Vergleichbarkeit dieser. In den erstellten Frontalaufnahmen sollte zum späteren Zeitpunkt sowohl der Cobb-Winkel, als auch die Lenke und Nash & Moe Klasse inklusive das Risser-Stadium bestimmt werden. Es ist zu beachten, dass es trotz Messungen durch immer dieselbe Person zu Winkelabweichungen von ±1° kommen konnte.

Während regelmäßiger Kontrolluntersuchungen, die alle drei und sechs Monate stattfanden, wurde der Krankheits- und Therapieverlauf fortlaufend dokumentiert und die Passform des Bending-Night-Braces kontrolliert. Dabei fand die erste röntgenologische Kontrolle 6-12 Monate nach Therapiebeginn statt, während die letzte 36 Monate später stattfand.

4.4 Statistik

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Patientengruppen und der Veränderung des Cobb-Winkels nachzuweisen, wurden verschiedenen statistische Analysen durchgeführt. Die zuvor erfassten Daten wurden zunächst in einer, mit dem Programm „Microsoft-Excel‘‘ (Mac-Version) erstellten Tabelle zusammengefasst. Dabei wurden die Patienten in die verschiedenen, zu untersuchenden Gruppen unterteilt. Dazu zählten das Geschlecht, der Kurventyp, die Kurvenlokalisation, der Kurventyp nach Lenke, das Risserstadium, die Rotation nach Nash & Moe sowie die Menarche. Anschließend wurden die Daten in das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics‘‘ (Mac-Version 28) eingelesen.

Zu Beginn erfolgte anhand des Shapiro-Wilk-Tests eine Überprüfung des Datensatzes auf Normalverteilung. Da diese nicht nachgewiesen werden konnte, wurden im weiteren Verlauf der Mann-Whitney-U- und der Kruskal-Wallis-Test als nicht parametrische Tests zur Überprüfung möglicher signifikanter Unterschiede hinsichtlich der Winkelkorrektur innerhalb der einzelnen Patientengruppen durchgeführt. Dabei wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 verwendet. Der Mann-Whitney-U-Test eignete sich dabei für den Vergleich zweier Patientengruppen, während der Kruskal-Wallis-Test mit seinem anschließenden Post-hoc-Test nach Bonferroni bei einem Vergleich von mindestens drei Gruppen zur Anwendung kam. [56–58]

5. Ergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf insgesamt 97 ausgewertete Fälle von Patienten mit idiopathischer Adoleszenzskoliose. Bei Patienten mit doppelbogigen Skoliosen ist in Haupt- und Nebenkurve unterschieden worden.

5.1 Patientengruppen

5.1.1 Geschlechterverhältnis

Das Patientenkollektiv setzt sich aus 70 Mädchen (72,2 %) und 27 Jungen (27,8 %) zusammen. Mit einem Verhältnis von 2,6 zu 1 wiesen somit deutlich mehr Mädchen als Jungen eine idiopathische Adoleszenzskoliose auf.

5.1.2 Haupt-/Nebenkurven

Während bei allen 97 Patienten die Hauptkurve zu untersuchen war, zeigte sich in 42 Fällen (43,3 %) eine zusätzliche Nebenkurve und somit eine doppelbogige AIS.

5.1.3 Kurvenlokalisation

Während die Hauptkurve bei 49 Patienten (49 %) im lumbalen Bereich der Wirbelsäule lokalisiert war, zeigten 48 Patienten (51 %) eine AIS mit thorakaler Hauptkurve.

5.1.4 Lenkeklassifikation

Alle in die Studie aufgenommenen Fälle wurden anhand der Lenkeklassifikation in verschiedene Gruppen unterteilt. Dabei entfiel die Mehrheit n= 51 (53 %) auf den Kurventyp Lenke 1. Währen Typ 5 mit 30 Fällen (31 %) die zweitgrößten Gruppen darstellte, wiesen 15 Patienten einen Typ 2 auf. Lediglich ein einzelner Patient zeigte einen Kurventyp 3.

5.1.5 Risserstadium

Für jeden der 97 Patienten wurde vor Therapiebeginn das Risserstadium bestimmt. Mit 28 Fällen stellte Stadium 3 die größte Gruppe dar (29 %). Mit 26 bzw. 25 Fällen ließen sich jeweils ca. ein Viertel der Patienten den Stadien 0 und 2 zuordnen. Zehn Patienten entfielen auf das Stadium 4, während sich 7 Patienten im Stadium 1 befanden. Lediglich einem einzelnen Patienten konnte Risserstadium 5 zugeordnet werden.

5.1.6 Rotation nach Nash & Moe

68 Patienten (70 %) zeigten zu Therapiebeginn eine Rotation nach Nash & Moe Klasse 1. Gleichzeitig ließen sich 28 Patienten (29 %) der Klasse 2 zuordnen. Auf Klasse 3 entfiel nur ein einzelner Patient.

5.1.7 Menarche

Vor Behandlungsbeginn war bei 19 Patientinnen (26 %) die Menarche schon aufgetreten, während 51 Mädchen (74 %) noch keine eingesetzte Menstruation vorwiesen.

5.2 Cobb-Winkel vor Therapiebeginn (t0)

Vor Beginn der Therapie wurde unter zu Hilfenahme der Methode nach Cobb [33–36] der Skoliosewinkel eines jeden Patienten bestimmt. Dieser ursprünglich gemessene Wert sollte zu späteren Zeitpunkten mit denen, im Therapieverlauf gemessenen Winkeln, verglichen werden. Anhand dieser Vergleiche sollte eine Beurteilung der radiologischen Winkelverbesserung ermöglicht werden.

5.2.1 Kohorte

Bei Betrachtung des gesamten Patientenkollektivs zeigte sich für den ursprünglichen Cobb-Winkel ein Medianwert von 25,7°, wobei der Maximalwert 60,8° und der Minimalwert 10,7° betrug. Je nach Gruppeneinteilung unterschieden sich diese Werte jedoch teilweise deutlich voneinander.

5.2.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel

Mit 25,8° lag der mediane Winkel bei den Mädchen knapp über dem der Jungen (25,3°). Der größte, bei weiblichen Patientinnen gemessene Winkel betrug 55,5°, während der Maximalwinkel bei den Jungen mit 60,8° etwas größer war. Mit 10,7° zeigte ein Mädchen den kleinsten Winkel der Gesamtpopulation. Der geringste Ursprungswinkel konnte bei den männlichen Patienten auf 17,7° beziffert werden.

5.2.3 Haupt-/Nebenkurve

Während die Hauptkrümmungen einen Medianwert von 25,7° aufwiesen, zeigten die Nebenkrümmungen einen medianen Wert von 23,45°. Die Maximalwerte betrugen 60,8° für die Haupt- und 43,4° für die Nebenkrümmungen. Die kleinsten Winkel maßen jeweils 10,7° und 12,6°.

5.2.4 Lokalisation

Mit 23,5° zeigten Patienten mit lumbalen idiopathischen Adoleszenzskoliosen einen geringeren Ursprungswinkel als bei Patienten mit thorakalen Krümmungen, bei denen der mediane Wert bei 33,9° lag. Die Höchstwerte betrugen 45,4° für lumbale und 60,8° für thorakale Fehlstellungen. Der kleinste lumbale Winkel betrug 10,7°, während das thorakale Minimum bei 16,5° lag.

5.2.5 Lenkeklassifikation

Für den Kurventyp Lenke 2 konnte ein Medianwinkel von 42,2° ermittelt werden, während die Extremwerte bei 51,9° bzw. 21,4° lagen. Lenke 1 wies einen Medianwert von 26,0° und Extremata von 60,8° und 15,5° auf. Während der Median für Lenke 5 mit 23,6° beschrieben werden konnte, lag der Maximalwert bei 34,4° und das Minimum bei 10,7°. Lenke 3 umfasste nur einen Patienten, dessen Ursprungswinkel 44,4° maß.

5.2.6 Risserstadium

Während der höchste Medianwert mit 36,5° bei Patienten mit Risserstadium 4 gemessen werden konnte, war dieser bei einem einzelnen Patienten in Stadium 5 mit 21,9° am niedrigsten. In Stadium 1 lag der mittlere Wert bei 26°, in Stadium 3 bei 26,05° und in Stadium 0 bei 25,0°. Patienten mit Risserstadium 2 zeigten einen Medianen Winkel von 25,3°. Den größten Spitzenwert von 60,8° zeigte ein Patient in Klasse 3°. Mit 10,7° konnte der kleinste Minimalwert einem Patienten mit Risserstadium 2 zugeordnet werden.

5.2.7 Rotation nach Nash & Moe

Die am meisten Fälle beinhaltende Nash & Moe Klasse 1 zeigte einen Medianwinkel von 24,3° und Extremwerte von 48,4° bzw. 10,7°. In Klasse 2 lag der mediane Wert bei 35,5°, während ein Maximum von 55,5° gemessen werden konnte. Der niedrigste Wert betrug 19,4°. Beim einzigen Patienten mit Nash & Moe Klasse 3 konnte ein Ursprungswinkel von 60,8° gemessen werden.

5.2.8 Menarche

Bei Patientinnen mit bereits eingesetzter Regelblutung zeigte sich ein medianer Wert von 28,1°. Während das Maximum 55,5° betrug, maß der kleinste Winkel 17,4°. Bei Mädchen mit noch nicht stattgehabter Menarche konnte ein Median von 25,4° und ein Höchstwert von 51,9° gemessen werden. Der Minimalwert betrug 10,4°.

5.3 Cobb-Winkel nach sechs bis zwölf Monaten (t1)

Im Zeitraum zwischen sechs und zwölf Monaten (t1) nach Therapiebeginn wurde in jedem Fall eine erste Röntgenkontrollaufnahme zur Beurteilung der bisherigen radiologischen Korrektur erstellt. Anhand dieser Aufnahmen konnte der initiale „Korrekturwinkel‘‘ bestimmt werden. Dieser beschreibt den Skoliosewinkel nach Cobb bei anliegendem Bending-Night-Brace im ersten Jahr (t1) nach Therapiebeginn.

5.3.1 Kohorte

Bei Betrachtung des Korrekturwinkels ergab sich für die Gesamtpopulation ein Medianwinkel von 6,5°, was einer medianen Verbesserung des Cobb-Winkels um 74,22 % entsprach. Während mit einer hundertprozentigen Verbesserung eine vollständige Korrektur der Krümmung beschrieben werden konnte, lag die minimale Winkelkorrektur bei 12,87 %. Wie schon bei den Ausgangswinkeln zeigten sich innerhalb der einzelnen Merkmalsgruppen deutliche Unterschiede.

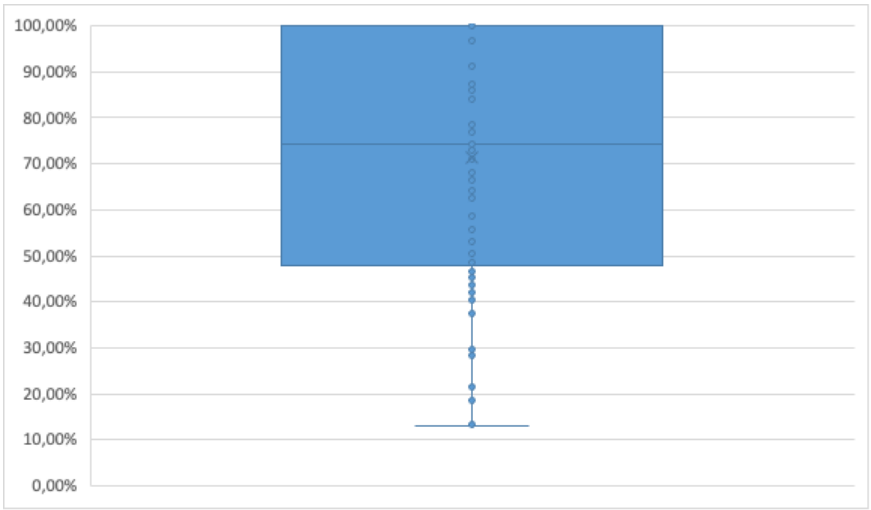


Abb. 12: Prozentuale Winkelkorrektur der Kohorte zu t1

5.3.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel

Bei der ersten röntgenologischen Kontrolluntersuchung wiesen die Mädchen einen medianen Winkelwert von 6,45° auf, was einer Korrektur des initialen Cobb- Winkels um 71,41 % entsprach. Bei den Jungen konnte bei einem medianen Winkel von 7,20° mit 74,78 % eine geringfügig bessere Korrektur ermittelt werden. Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen wurde nicht festgestellt (p=0,443).

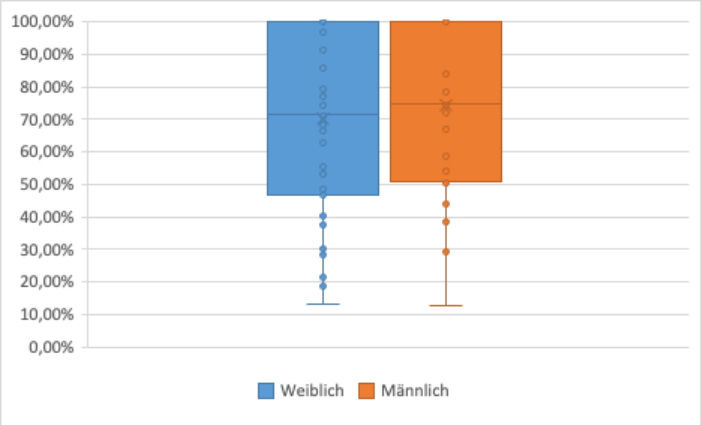


Abb. 13: Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t1

5.3.3 Haupt-/Nebenkurve

Zum Zeitpunkt t1 ergab sich für die Nebenkrümmungen ein medianer Winkel von bei 7,8° und somit eine Korrektur von 67,34 %. Diese war nicht signifikant (p=0,066) besser als die der Hauptkrümmungen, bei denen der mittlere Winkel von 6,5° einer Verbesserung um 74,22 % zum Ursprungswinkel entsprach.

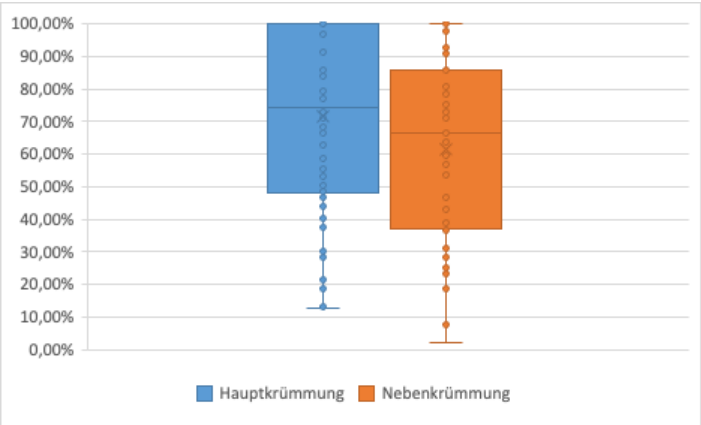


Abb. 14: Winkelkorrektur nach Kurventyp zu t1

5.3.4 Lokalisation

Bei Patienten mit lumbalen Skoliosen konnte in der initialen Kontrolluntersuchung eine vollständige Korrektur des Winkels auf 0,0° ermittelt werden. Für thorakale Verkrümmungen wurde ein Medianwert von 15,4° und damit eine signifikant schlechtere Korrektur (53,88 %) festgestellt (p=<0,001).

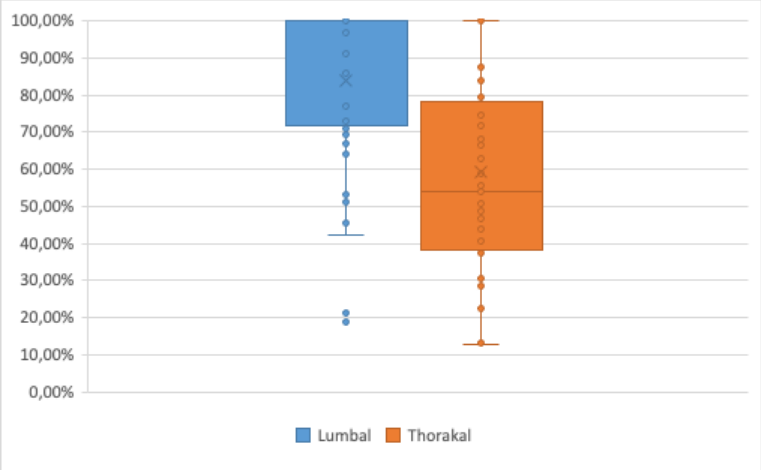


Abb. 15: Prozentualen Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t1

5.3.5 Lenkeklassifikation

Zwischen den verschiedenen Kurventypen zeigten sich bei der Verbesserung des Skoliosewinkels signifikante Unterschiede (p=<0,001).

Bei Patienten mit Lenke 1 konnte eine medianer Cobb-Winkel von 11,6° nachgewiesen werden, was einer Winkelkorrektur von 67,63 % entsprach. In Klasse 2 zeigte sich eine Verbesserung um 46,70 % auf 23,1°. Der Cobb-Winkel konnte in der Klasse 5 auf 0° korrigiert werden, was eine Verbesserung um 100 % bedeutete. Die Patienten mit Lenke 3 Skoliosen wiesen einen Korrekturwinkel von 23,2° und somit eine Verbesserung von 47,25 % auf.

Die post-hoc Tests ergaben signifikante Unterschiede zwischen Lenke 1 und 5 (p=<0,001) und den Kurventypen 2 und 5 (p=<0,001).

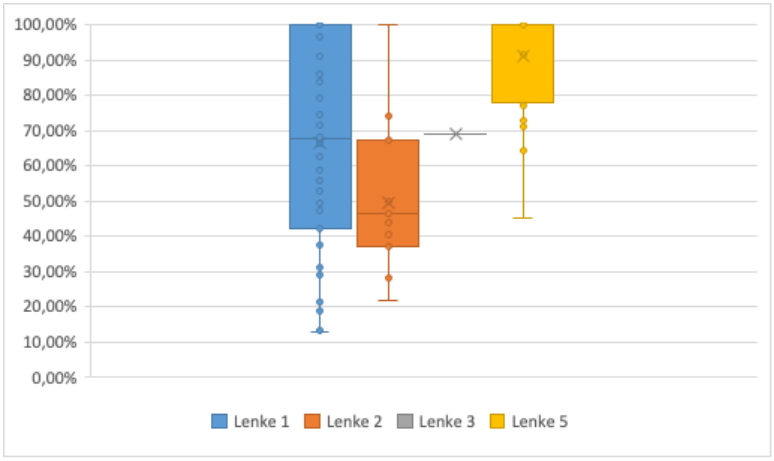


Abb. 16: *Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen zu t1*

5.3.6 Risserstadium

Bezüglich der Risserstadien konnten keine signifikanten Unterschiede (p=<0,075) in der Winkelverbesserung festgestellt werden.

Patienten mit Stadium 0 zeigten zum Zeitpunkt t1 eine mediane Winkelkorrektur von 84,94 %. In Stadium 1 konnte der Cobb-Winkel um 50,97 % verbessert werden. Wurden die Patienten mit Risserstadium 2 vorstellig, so lag die mediane Winkeländerung bei 100 %. In den Stadien 3 und 4 wurden im Vergleich mittlere Korrekturen von 65,61 % und 54,68 % gemessen. Der einzige Patient in Stadium 5 zeigte eine vollständige Verbesserung auf 0°.

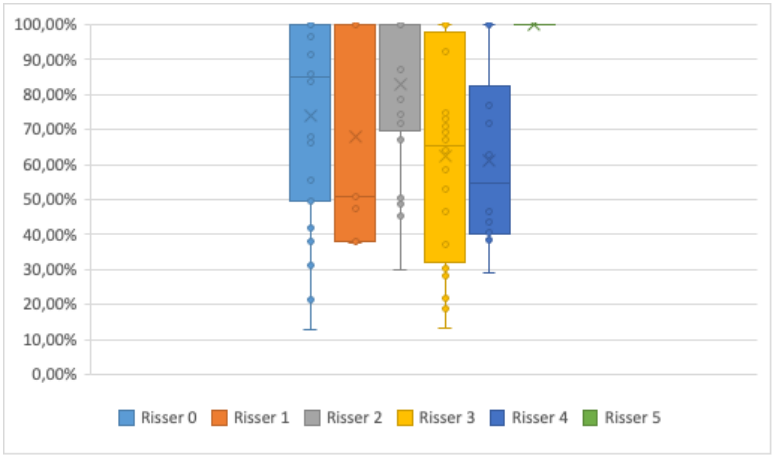


Abb. 17: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur nach Risserstadium zu t1

5.3.7 Rotation nach Nash & Moe

Bei der Betrachtung der verschiedenen Nash & Moe Klassen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden (p=0,018).

Patienten mit Nash & Moe Klasse 1 zeigten einen medianen Korrekturwinkel von 2,55°, was einer Verbesserung um 89,32 % entsprach. In Klasse zwei konnte ein mittlerer Cobb von 16,40° und somit eine Korrektur um 63,44% gemessen werden. Ein einzelner Patient mit Klasse 3 wies in der ersten Kontrolluntersuchung eine Verkrümmung von 28° auf, was eine Verbesserung um 54,95 % bedeutete.

Die post-hoc Tests ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Nash & Moe Klassen 1 und 2 (p=0,006).

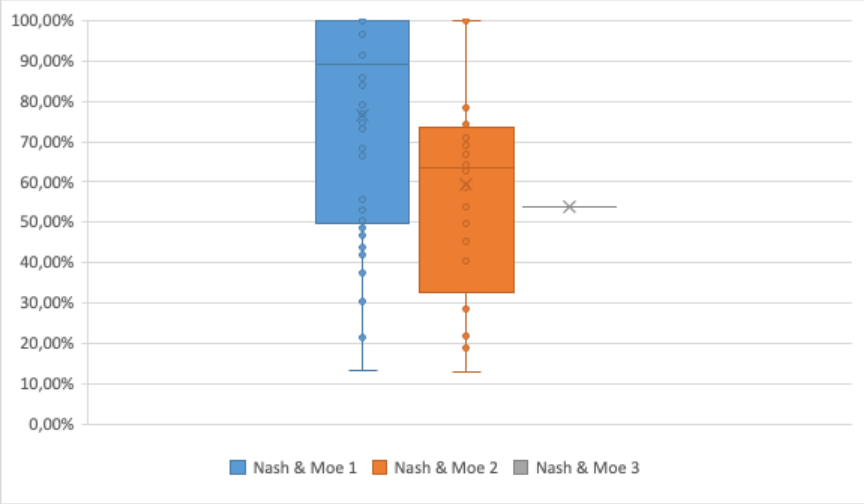


Abb. 18: Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t1

5.3.8 Menarche

Patientinnen mit bereits eingesetzter Periode zeigten im Vergleich zu Patientinnen ohne stattgehabte Menarche keinen signifikanten Unterschied in der Verbesserung des Cobb-Winkels (p=0,731).

Bei Patientinnen mit bereits stattgehabter Menarche ergab sich ein medianer Wert von 9,3° und somit eine Verbesserung um 71,71 %. Bei Mädchen mit noch nicht eingesetzter Menstruation konnte eine prozentuale Korrektur um 71,11 % auf einen medialen Cobb-Winkel von 6,4° ermittelt werden.

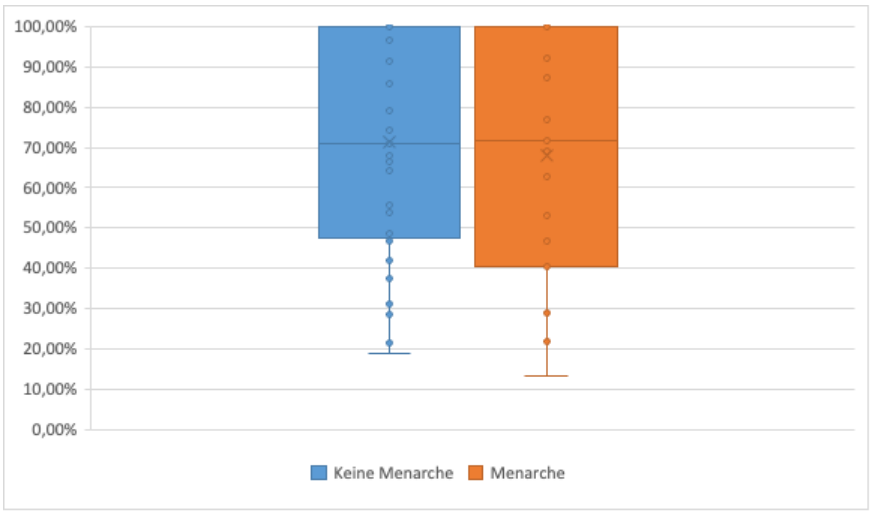


Abb. 19: Prozentuale Winkelkorrektur abhängig von der Menarche zu t1

5.4 Cobb-Winkel im longitudinalen Verlauf (t2/t3)

Um den langfristigen Therapieeffekt beurteilen zu können, wurden die Cobb-Winkel von 35 Patienten im Zeitraum zwischen 13 und 24 Monaten (t2) bzw. von 29 Patienten in der Zeit zwischen 25 und 36 Monaten (t3) nach Therapiebeginn erfasst. Dabei wurden Röntgenaufnahmen mit und ohne Orthese ausgewertet.

5.4.1 Kohorte

Mit Korsett:

Bei Betrachtung zum Zeitpunkt t2 ergab sich für die Gesamtpopulation von 35 Patienten ein medianer Cobb-Winkel von 1,8°, was im Vergleich zum Ausgangswinkel eine Korrektur um 90,95 % bedeutete.

Zum Zeitpunkt t3 betrug die mediane Korrektur von 29 untersuchten Patienten 70,49 %, welche einem Winkel von 7,1° entsprach.

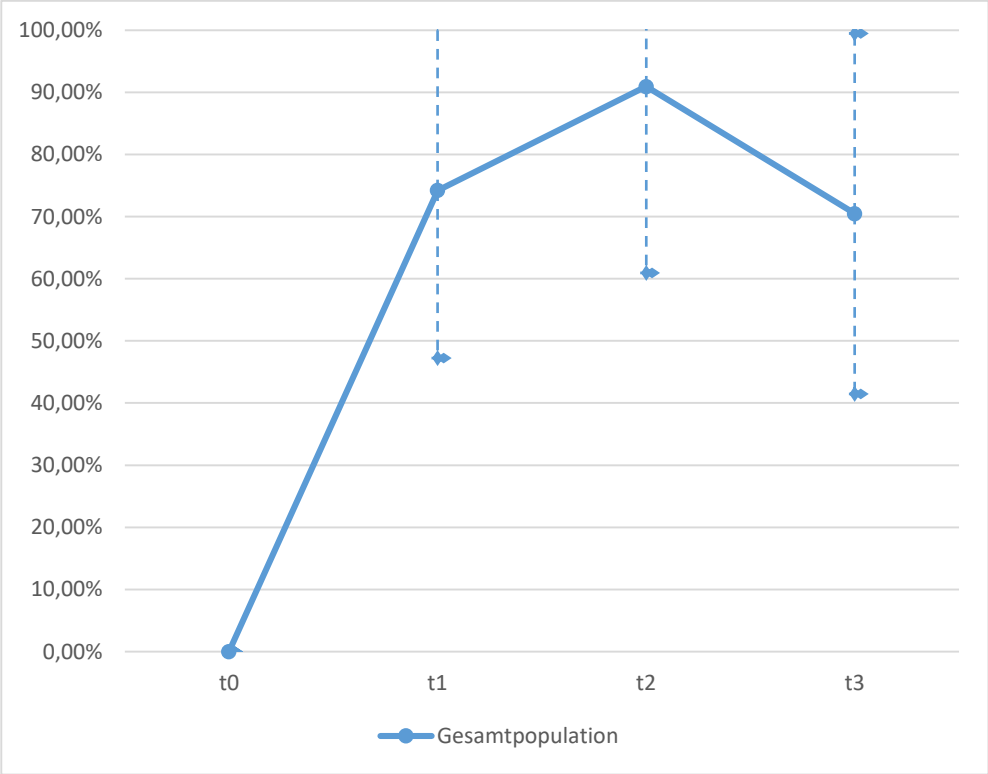


Abb. 20: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur der Kohorte zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:
Nach 13-24 Monaten (t2) betrug der Cobb-Winkel von 27 untersuchten Patienten 22,0°. Dies entsprach einer Korrektur des Cobb-Winkels um 17,26 %.
Zum Zeitpunkt t3 ergab sich für 28 Patienten eine mediane Winkelkorrektur von 9,46 % auf 23,2°.

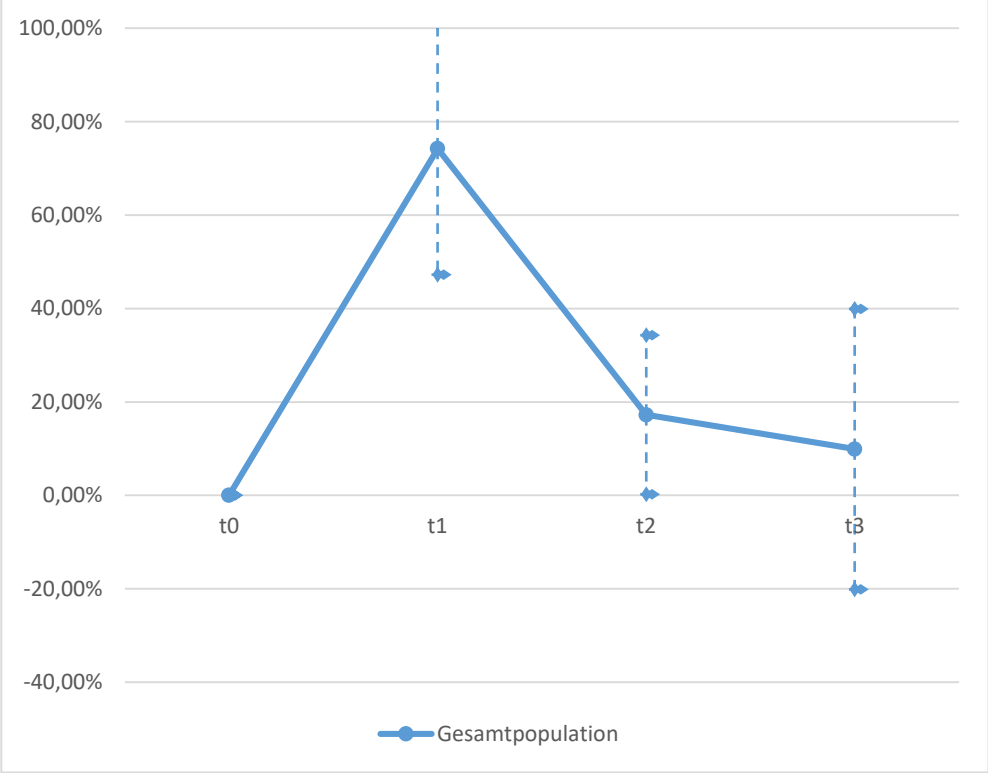


Abb. 21: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur der Kohorte zu t2/t3 ohne Korsett

5.4.2 Geschlechtsbezogener Cobb-Winkel

Mit Korsett:
Mit anliegendem Korsett konnte zwischen den Geschlechtern weder zum Zeitpunkt t2, noch zum Zeitpunkt t3 ein signifikanter Unterschied bei der Verbesserung des Cobb-Winkels nachgewiesen werden (p=1,000; p=0,709).
Zum Zeitpunkt t2 zeigte sich bei den weiblichen Patienten (n=26) eine Verbesserung des Cobb-Winkels von 93,14 %. Die männlichen Patienten (n=9) wiesen eine Korrektur um 78,19 % auf. Die mittlere Verbesserung der weiblichen Patienten (n=22) betrug zum Zeitpunkt t3 72,05 %. Bei den männlichen Patienten (n=7) konnte eine Verbesserung um 70,50 % gezeigt werden.

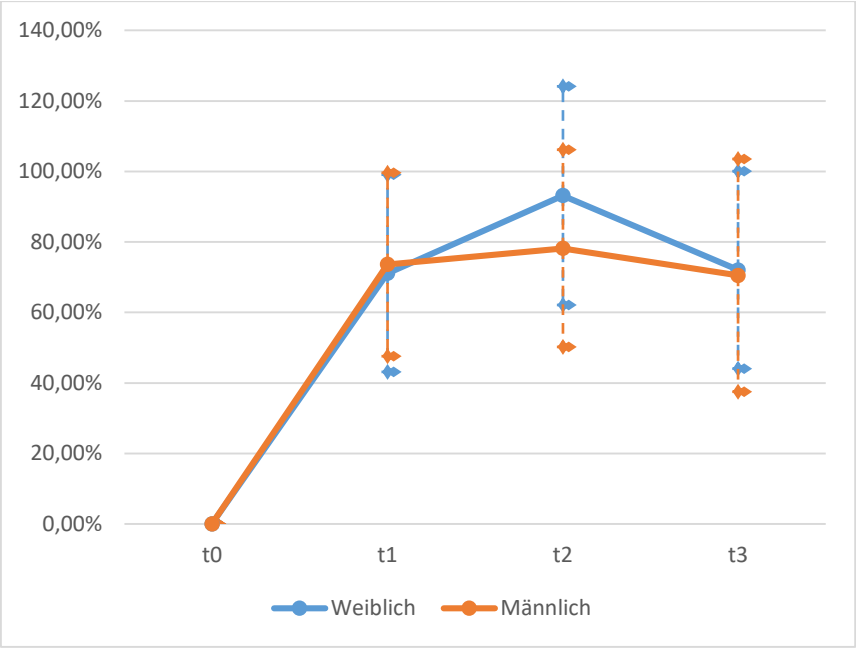


Abb. 22: Longitudinale Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Auch ohne anliegendes Korsett konnte zwischen den Geschlechtern zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bei der Winkelkorrektur festgestellt werden (p=0,75; p=0,940).

Die mediane Kurvenkorrektur der weiblichen Patienten (n=16) betrug zum Zeitpunkt t2 16,60 %. Die männlichen Patienten (n=11) wiesen einen um 17,26 % verbesserten mittleren Cobb-Winkel° auf.

Bei den weiblichen Patienten (n=20) ergab sich zu t3 eine Verbesserung um 9,30 %, während die männlichen Patienten eine Korrektur von 14,75 % aufwiesen.

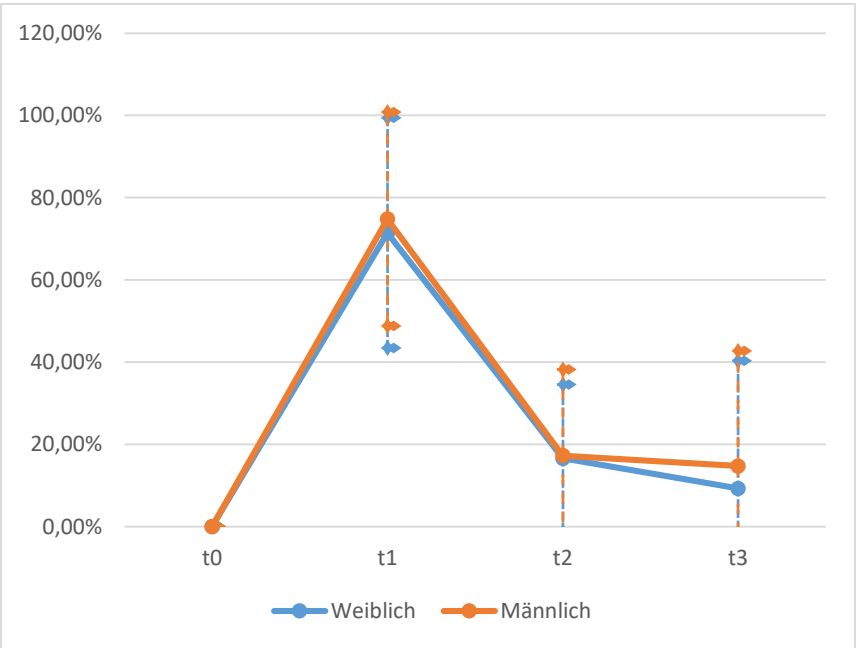


Abb. 23: Longitudinale Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t2/t3 ohne Korsett

5.4.3 Haupt-/Nebenkurve

Mit Korsett:

Zum Zeitpunkt t2 betrug die mediane Cobb-Winkel Verbesserung von 35 untersuchten Hauptkrümmungen 90,95 %. Bei den Nebenkrümmungen (n=8) konnte die mittlere prozentuale Verbesserung auf 71,08 % beziffert werden.

Zum Zeitpunkt t3 konnte der Cobb-Winkel der Hauptkrümmungen (n=29) um 70,45 % verbessert werden. Die mediane Korrektur der Nebenkrümmungen (n=7) bezifferte sich auf 68,63 %. Signifikante Unterschiede bei der Winkelkorrektur konnten zwischen den beiden Krümmungstypen zu keinem Zeitpunkt festgestellt werden (p=0,320; p=0,969).

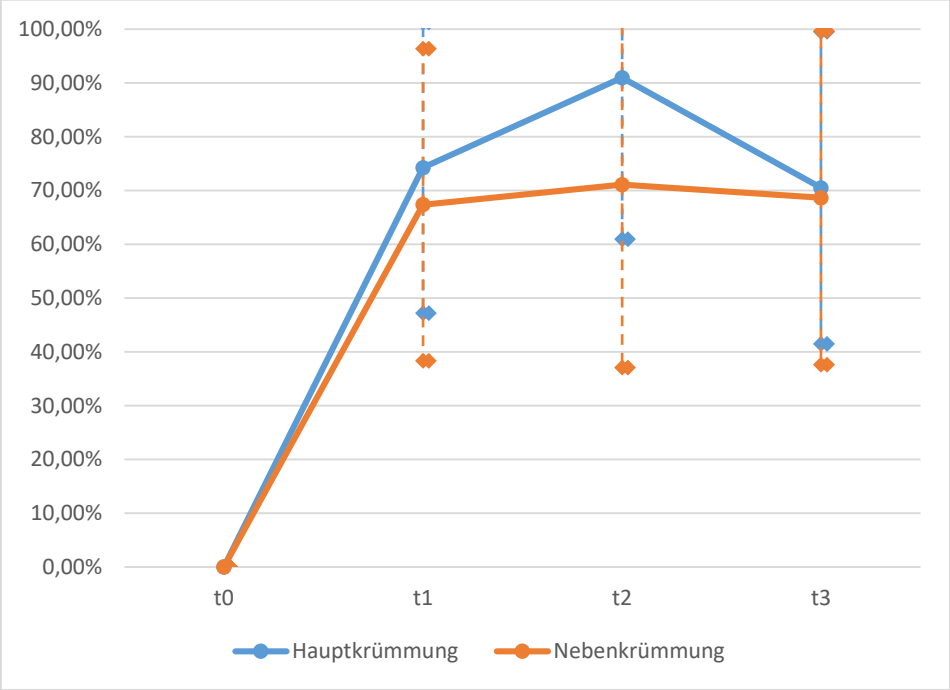


Abb. 24: Prozentuale Korrektur der Cobb-Winkel nach Kurventyp zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Auch ohne anliegendes Korsett konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Korrektur der Fehlstellungen festgestellt werden (p=0,982; p=0,856).

Für die Hauptkrümmungen (n=27) ergab sich zum Zeitpunkt t2 eine mittlere prozentuale Korrektur der Kurve um 17,26 %. Für die Nebenkrümmungen (n=7) konnte zum gleichen Zeitpunkt eine Verbesserung um 2,36 % ermittelt werden.

Zum Zeitpunkt t3 lag die mittlere Kurvenkorrektur der Hauptkrümmungen (n=28) bei 9,90 % und die der Nebenkrümmungen (n=7) bei 9,45 %.

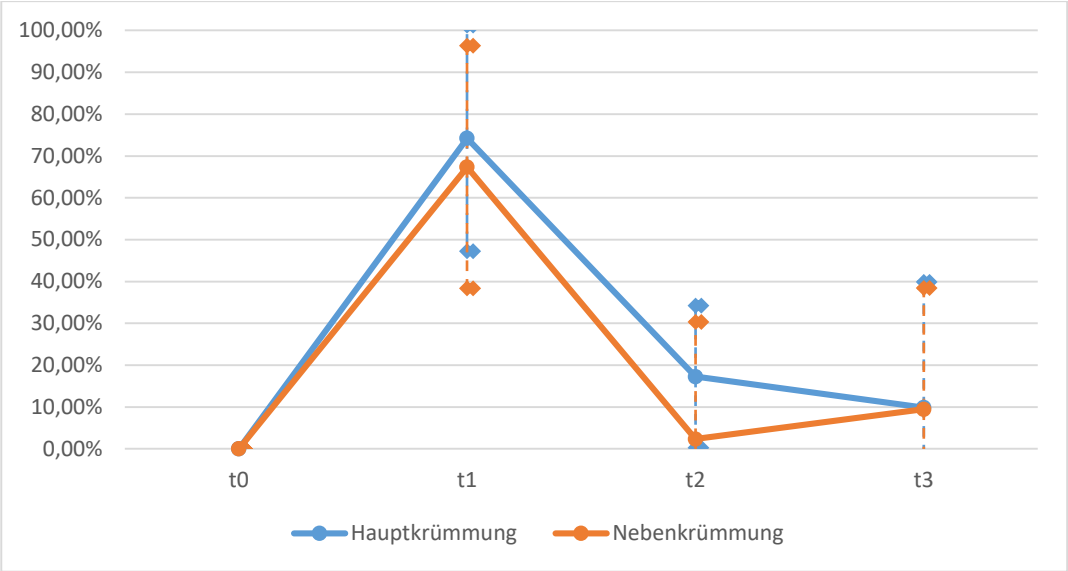


Abb.25: Prozentuale Korrektur der Cobb-Winkel nach Kurventyp zu t2/t3 ohne Korsett

5.4.4 Lokalisation

Mit Korsett:

Bei Betrachtung der Lokalisation konnte zum Zeitpunkt t2 kein signifikanter Unterschied bei der Verbesserung des Ausgangswinkels beobachtet werden (p=0,174), während zum Zeitpunkt t3 ein signifikanter Unterschied bestand (p=0,031). Nach 13-24 Monaten zeigten die Kinder und Jugendlichen mit thorakalen Kurven (n=10) einen Medianwert von 8,9° und somit eine Verbesserung um 68,87 %. Patienten mit lumbalen Krümmungen (n=25) wiesen einen Cobb-Winkel von 0,0° auf, was einer Korrektur von 100 % entsprach.

Nach 25 bis 36 Monaten (t3) betrug der Korrekturwinkel bei thorakalen Krümmungen (n=10) 13,45°, während dieser bei lumbalen Skoliosen (n=19) auf 4,4° beziffert werden konnte. Die prozentualen Winkelveränderungen ließen sich dabei auf 46,26 % bzw. 76,97 % beziffern.

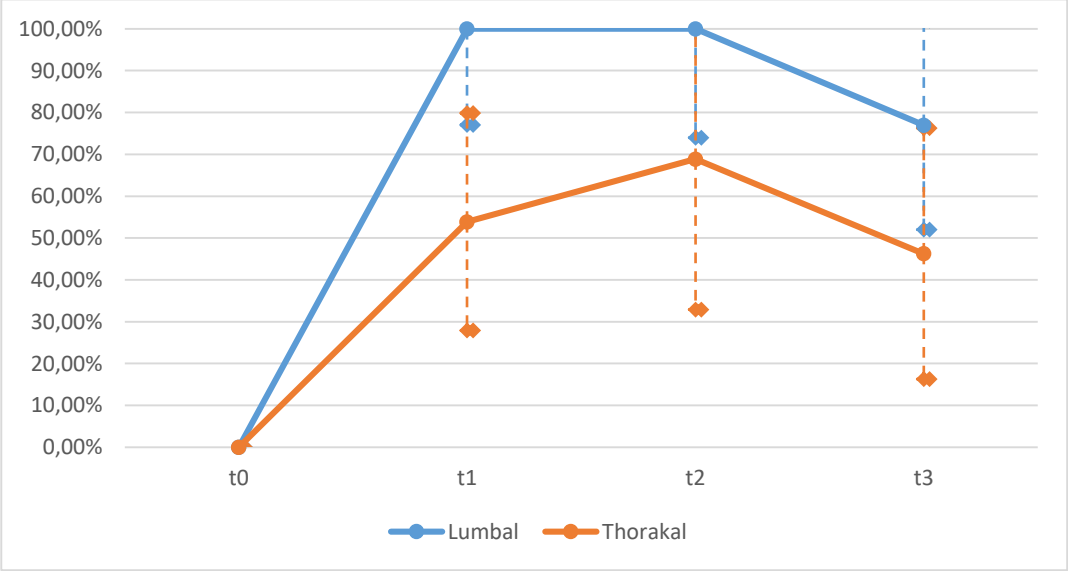


Abb. 26: Longitudinale Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Thorakal gelegene Krümmungen (n=11) konnten nach 13-24 Monaten um 17,25 % verbessert werden. Der mediane Cobb-Winkel lag zum Zeitpunkt noch bei 27,7°. Lumbale Krümmungen (n=16) wiesen zu t2 einen mittleren Winkel von 19,7° auf, was einer Verbesserung um 19,19 % entsprach.

Nach 25-36 Monaten (t3) betrug der Winkel bei thorakalen Skoliosen (n=12) 28,74°. Bei einem lumbal ausgeprägten Krankheitsbild (n=16) lag dieser bei 21,90°. Thorakale Kurven konnten dabei mit 14,75 % etwas besser korrigiert werden als lumbale Krümmungen, bei denen die Verbesserung bei 9,30 % lag.

Sowohl zum Zeitpunkt t2, als auch zum Zeitpunkt t3 konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Verbesserung des Ausgangswinkels beobachtet werden (p=0,716; p=0,945).

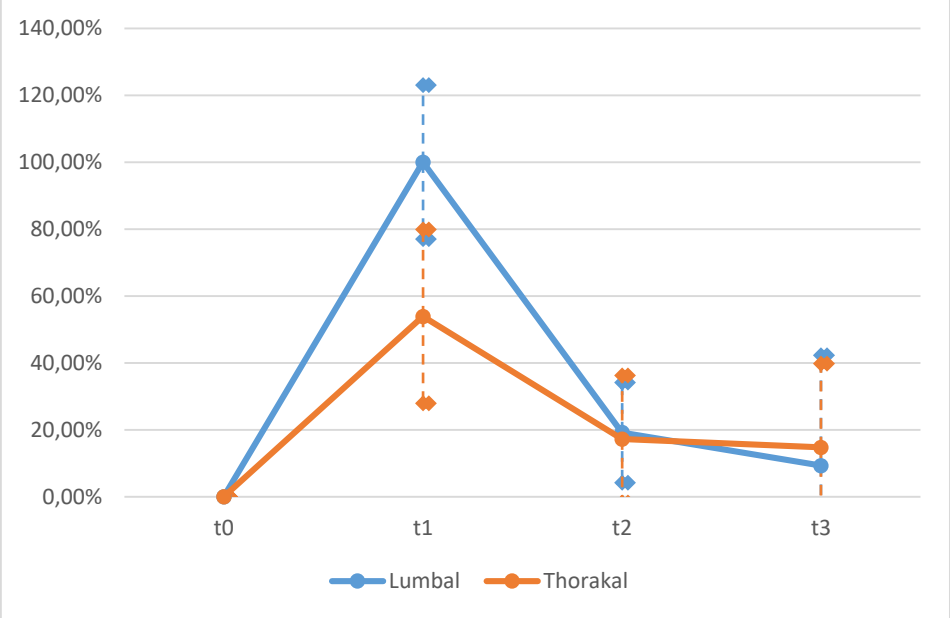


Abb. 27: Longitudinale Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t2/t3 ohne Korsett

5.4.5 Lenkeklassifikation

Mit Korsett:

Zum Zeitpunkte t2 konnte zwischen den verschiedenen Kurventypen ein signifikanter Unterschied bei der Verbesserung der Ausgangswinkel beobachtet werden (p=0,026).

Nach 13 bis 24 Monaten (t2) ergab sich für Lenke 1 (n=18) nach einer Korrektur von 67,84 % ein medianer Cobb-Winkel von 6,65°. Lenke 2 (n=1) erbrachte einen mittleren Winkel von 8,7° und somit eine Verbesserung um 74,49 %. Für den Kurventyp 5 (n=16) zeigte sich eine im Median um 100 % verbesserte Fehlstellung von 0,0°. Die post-hoc Tests ergaben zwischen Lenke 1 und 5 einen signifikanten Unterschied (p=0,008).

Zum Zeitpunkt t3 zeigte sich in Lenke 1 (n=18) eine Krümmung von 7,75°, während Typ 5 (n=11) einen mittleren Wert von 0,0° aufwies. Mit prozentualen Verbesserungen von jeweils 63,65 % und 100 % konnte ein signifikanter Unterschied (p=0,012) zwischen den beiden Klassen nachgewiesen werden.

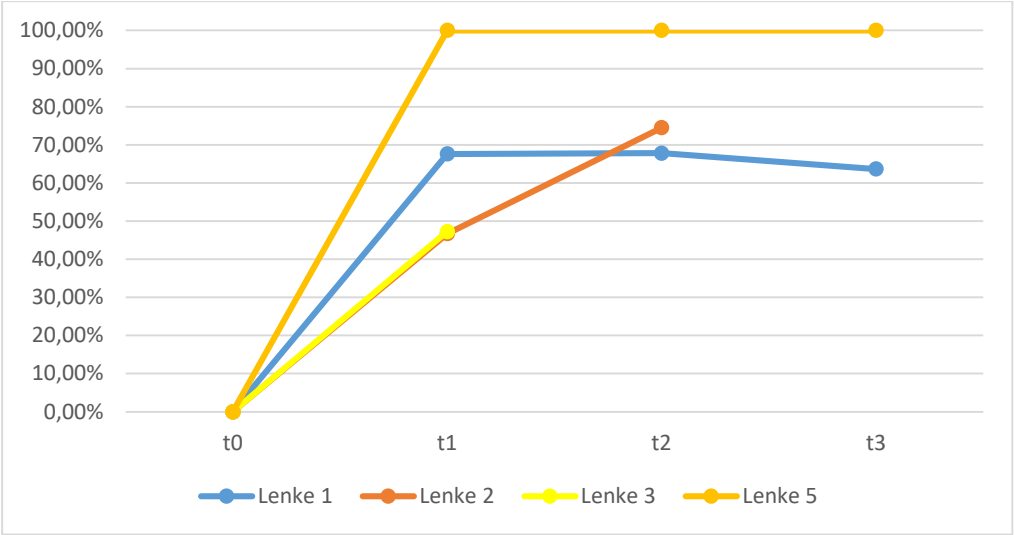


Abb. 28: Darstellung der Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen nach Lenke zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Ohne Nachtorthese konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bei der Winkelkorrektur zwischen den verschiedenen Kurventypen nachgewiesen werden (p=0,874; p=0,644). Für Lenke 1 (n=16) ergab sich zum Zeitpunkt t2 ein mittlerer Winkel von 25,25°. Die prozentuale Korrektur ließ sich dabei auf 19,19 % beziffern. Patienten mit Lenke 2 (n=1) wiesen eine mittlere Korrektur um 22,87 % auf einen Cobb-Winkel von 26,3° auf. Patienten aus Klasse 5 (n=10) zeigten einen medianen Krümmungswinkel von 19,7° und somit eine Verbesserung um 16,28 %.

Nach 25 bis 36 Monaten (t3) ergab sich für Lenke 1 (n=17) eine Verbesserung des Medianwinkels um 9,47 %. Für Lenke 5 (n=11) konnte dieser auf 22,3° beziffert werden, was einer Verbesserung um 9,32 % entsprach.

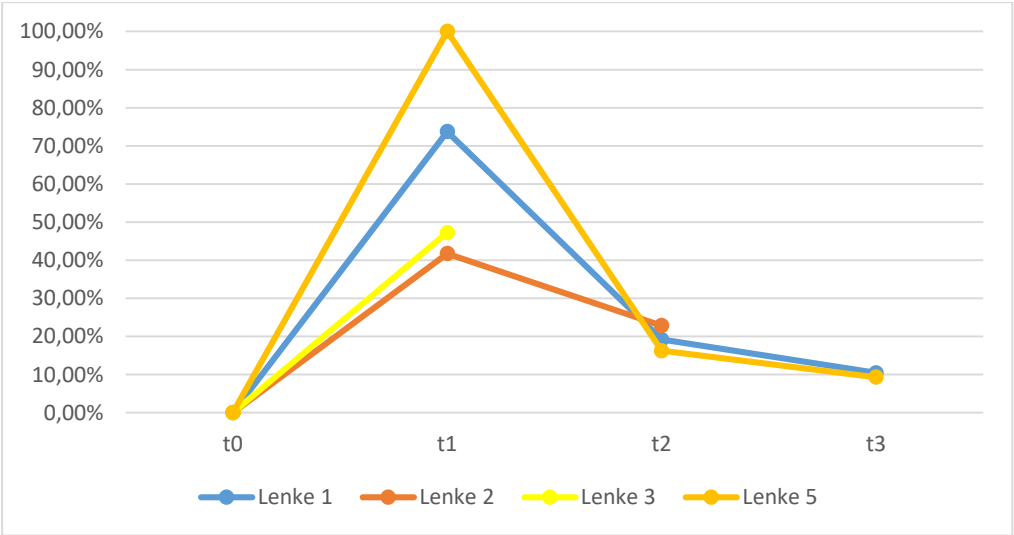


Abb. 29: Darstellung der Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen nach Lenke zu t2/t3 ohne Korsett

Die genaue graphische Darstellung der einzelnen Kurventypen nach Lenke ist im Anhang zu finden.

5.4.6 Risserstadium

Mit Korsett:

Für die Risserstadien 0 (n=12), 1 (n=4) und 2 (n9) ergaben sich nach 13 bis 24 Monaten (t2) jeweils mittlere Winkelwerte von 2,3°, 0,0° und 0,7°. Dabei zeigten sich Verbesserungen von 88,55 %, 100% und 95,33 %. In den Stadien 3 (n=8) und 4 (n=2) lagen die medianen Cobb-Winkel bei 10,25° bzw. 0,0°, was Korrekturen um 56,34 % und 100 % entsprach.

Nach 25-36 Monaten konnten die Cobb-Winkel von Patienten mit den Stadien null (n=11), eins (n=2) und zwei (n=6) auf 7,3°, 7,9° und 5,45° beziffert werden. Die prozentuale Korrektur entsprach in diesen Fällen jeweils 65,35 %, 70,40 % und 76,53 %. Im Stadium 3 (n=7) und 4 (n=2) wurden mittlere Fehlstellungen von 7,2° und 6,9° und somit Korrekturen um 68,0 % und 67,61 % gemessen.

Sowohl zum Zeitpunkt t2, als auch zum Zeitpunkt t3 konnte zwischen den verschiedenen Risserstadien kein signifikanter Unterschied bei der Korrektur der Ausgangswinkel beobachtet werden (p=0,223; p=0,992).

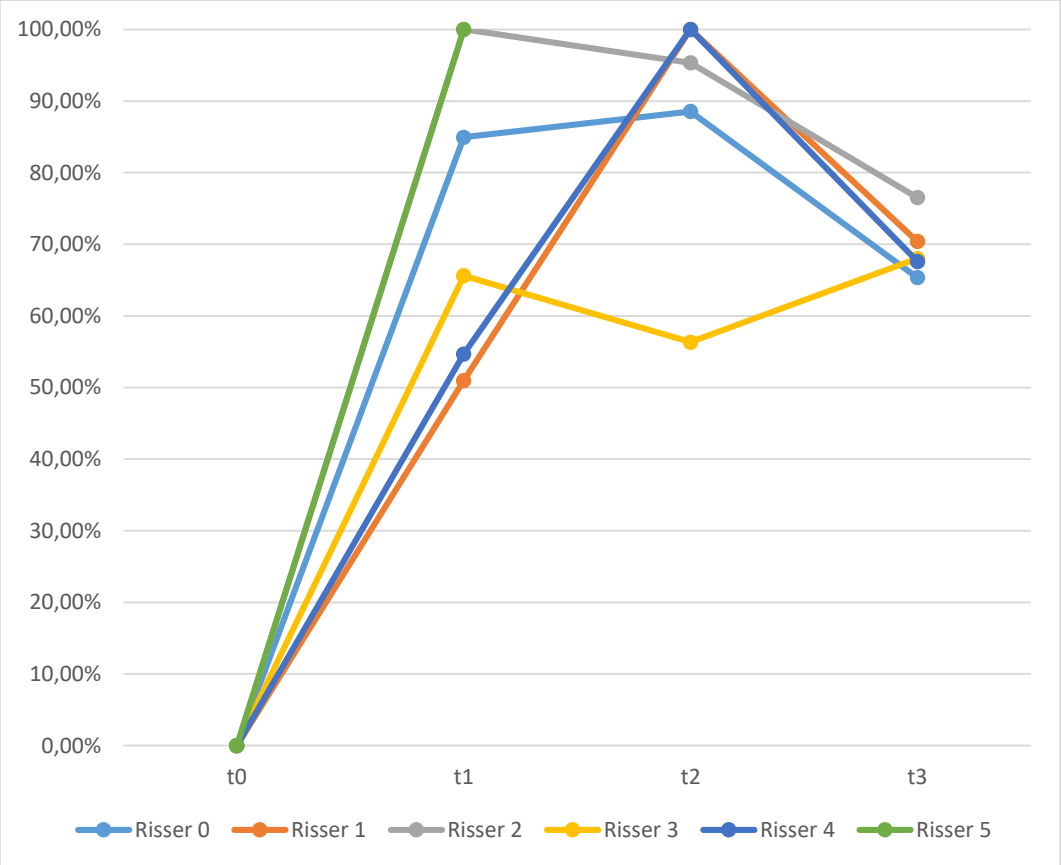


Abb. 30: Prozentuale Korrektur des Cobb-Winkels nach Risserstadium im Verlauf mit Korsett

Ohne Korsett:

Ohne anliegendes Night-Brace konnte weder zu t2, noch zu t3 ein signifikanter Unterschied bei der Winkelkorrektur zwischen den verschiedenen Risserstadien nachgewiesen werden (p=0,546; p=0,342).

Zum Zeitpunkt t2 ergaben sich für die Risserstadien 0 (n=9) und 2 (n=9) mediane Winkelwerte von 19,7° und 22,5°. Die Verbesserungen wurden somit auf 16,17 % und 24,18 % beziffert. Bei Patienten mit Stadium 3 (n=6) lag der Cobb-Winkel um 31,10 % korrigiert bei 21,1°. Patienten mit Stadium 4 zeigten eine Verbesserung des Ausgangswinkels um 4,50 % auf 26,0°. Nach 25 bis 36 Monaten (t3) konnten bei Patienten mit Risser 0 (n=9), 1 (n=3) oder 2 (n=8) mittlere Cobb-Winkel von 19,5°, 21,5° und 23,95° ermittelt werden. In allen Stadien zeigten sich dabei Verbesserungen, die sich auf jeweils 10,48 %, 9,28 % bzw. 23,73 % bezifferten. In den Stadien 3 (n=6) und 4 (n=2) ergaben sich Verbesserungen um 3,54 % und 12,94 % auf Korrekturwinkel von 27,0° bzw. 28,5°.

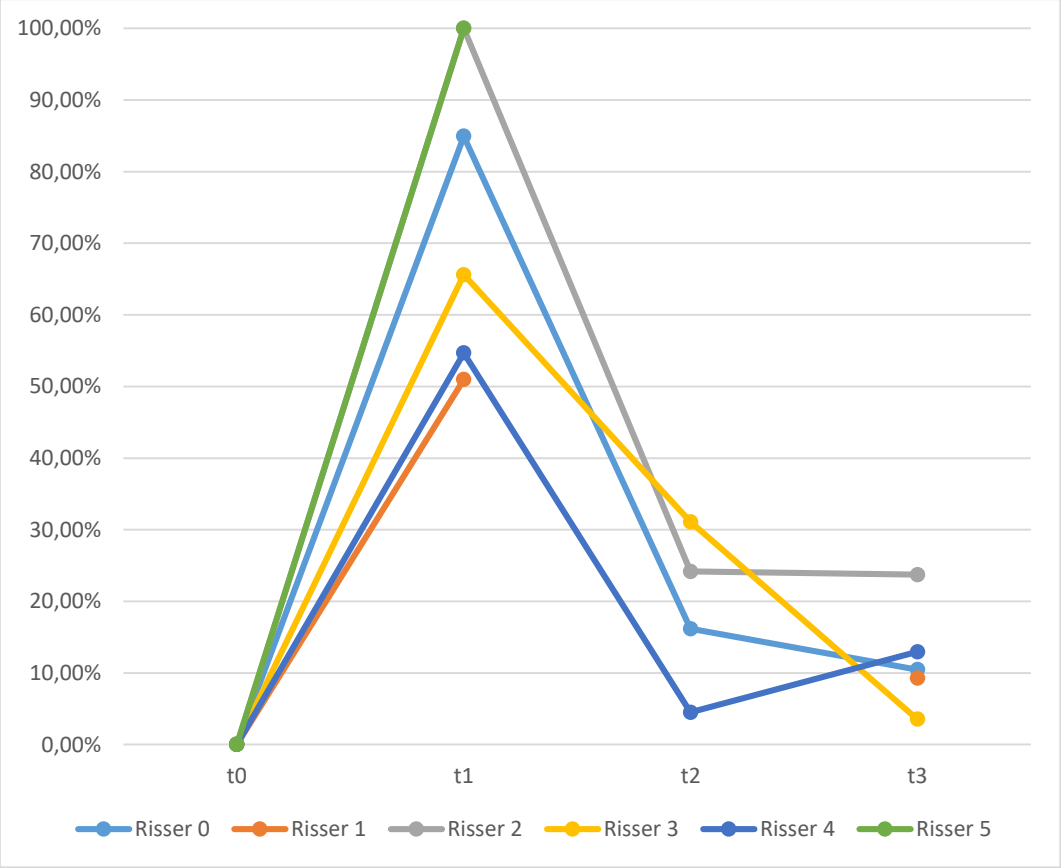


Abb.31: Prozentuale Korrektur des Cobb-Winkels nach Risserstadium im Verlauf ohne Korsett

Die genaue graphische Darstellung der einzelnen Risserstadien ist im Anhang zu finden.

5.4.7 Rotation nach Nash & Moe

Mit Korsett:

Zum Zeitpunkt t2 zeigte sich bei Patienten mit Nash & Moe 1 (n=23) ein um 100 % verbesserter mittlerer Winkel von 0,0°. Patienten mit Nash & Moe 2 (n=12) wiesen eine Korrektur von 68,22 % und somit einen Cobb-Winkel von 9,15° auf.

Nach 25 bis 36 Monaten (t3) betrug die prozentuale Verbesserung der Patienten mit Nash & Moe 1 (n=19) 79,34 % was einer Verkrümmung von 4,4° entsprach. Patienten mit Rotationstyp 2 (n=10) zeigten einen medianen Korrekturwinkel von 8,65°. Dabei konnte eine Verbesserung um 63,90 % erreicht werden.

Signifikante Unterschiede bei der Korrektur des Ausgangswinkels konnten zwischen den Patienten mit verschiedenen Nash & Moe Rotationen weder zum Zeitpunkt t2, noch zum Zeitpunkt t3 nachgewiesen werden (p=0,116; p=0,138).

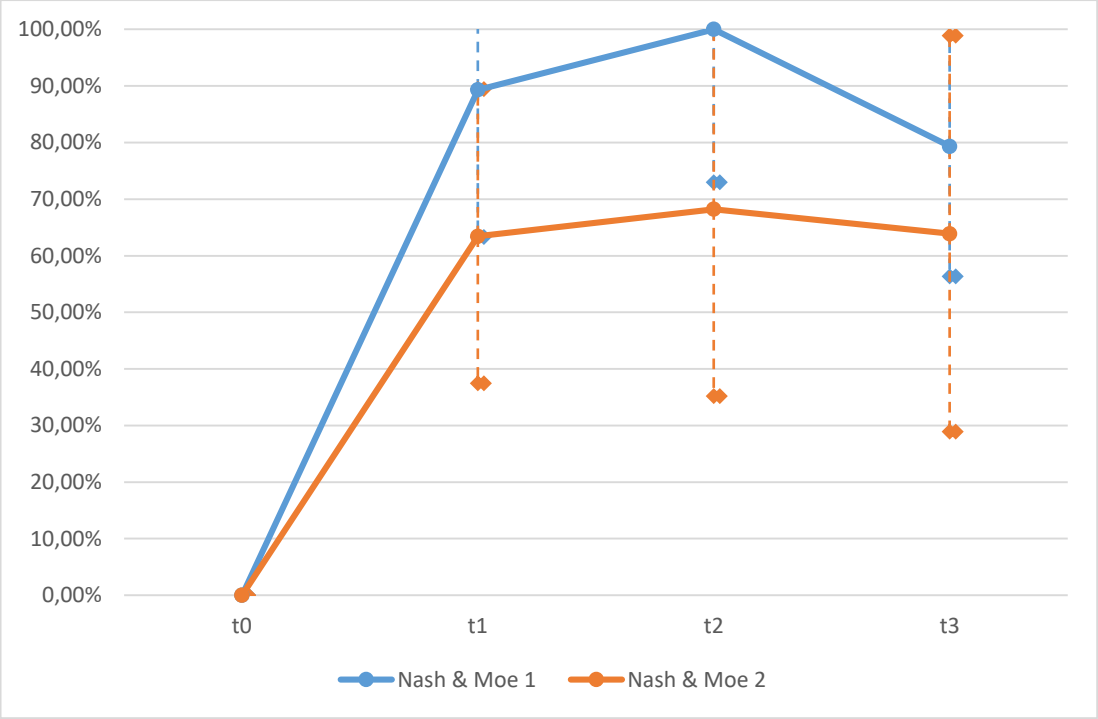


Abb. 32: Longitudinale prozentuale Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Auch ohne anliegendes Korsett konnte zwischen den verschiedenen Nash & Moe Rotationstypen weder zum Zeitpunkt t1, noch zum Zeitpunkt t2 ein signifikanter Korrekturunterschied des Ausgangswinkels festgestellt werden (p=0,504; p=0,189).

Der mittlere Cobb-Winkel der Patienten mit Nash & Moe 1 (n=18) lag nach 13-24 Monaten um 16,83 % verbessert bei 19,7°. Patienten mit Typ 2 (n=9) wiesen einen medianen Wert von 27,7° auf, was einer Korrektur um 24,80 % entsprach.

Zum Zeitpunkt t3 zeigten sich Verbesserungen von jeweils 19,15 % und 9,32 %. Dabei betrug der Medianwert der Patienten mit Typ 1 (n=15) 19,0°, während der der Patienten mit Nash & Moe 2 (n=13) auf 29,61° beziffert werden konnte.

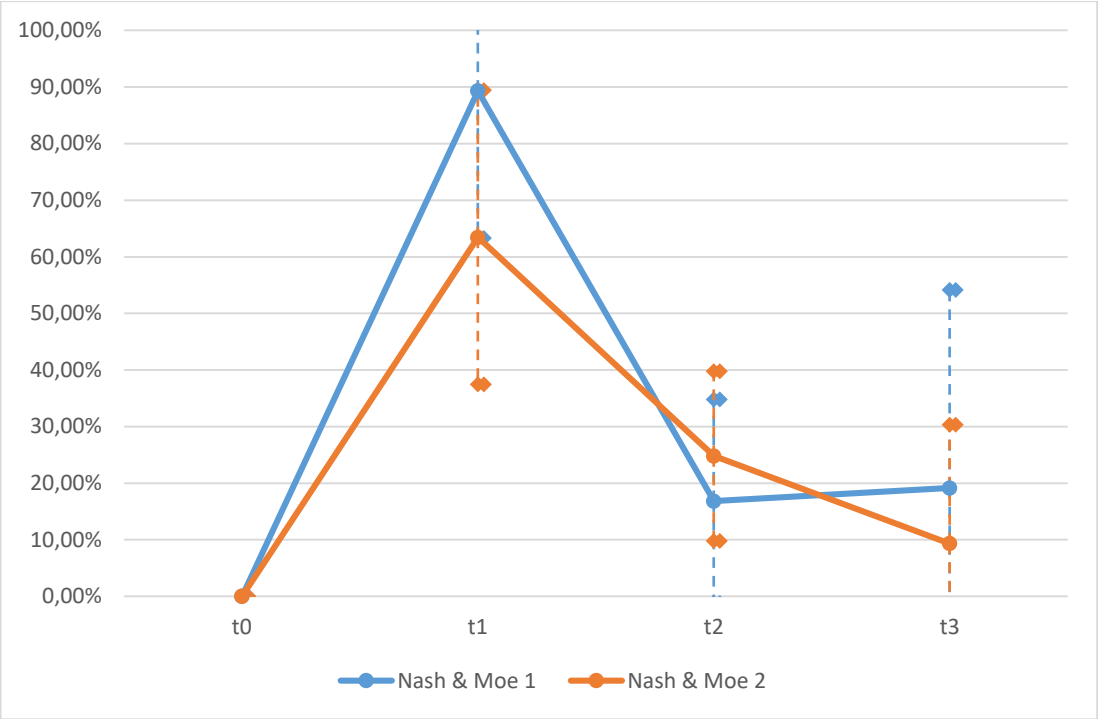


Abb. 33: Longitudinale prozentuale Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t2/t3 ohne Korsett

5.4.8 Menarche

Mit Korsett:

Mit anliegendem Korsett konnte zum Zeitpunkt t2 kein signifikanter Unterschied bei der Verbesserung des Cobb-Winkels festgestellt werden (p=0,389). 13 bis 24 Monaten nach Behandlungsbeginn (t2) ergab sich bei Patientinnen mit bereits eingesetzter Periode (n=4) ein medianer Winkel von 0,0°, welcher einer mittleren Verbesserung um 100 % entsprach. Bei Patientinnen mit noch nicht eingesetzter Regelblutung (n=22) zeigte sich ein mittlerer Korrekturwinkel von 2,3°. Die Verbesserung betrug zu diesem Zeitpunkt 88,45 %.

Nach 25 bis 36 Monaten zeigte sich ein signifikanter Unterschied (p=0,014) zwischen den Patientinnen mit und ohne eingesetzte Menstruation. Patientinnen mit bereits eingesetzter Periode (n=3) wiesen eine mittlere Krümmung von 0° und damit eine 100 % Korrektur auf. Bei Patientinnen ohne stattgehabte Menarche (n=19) konnte der Cobb-Winkel um 65,70 % auf 7,2° verbessert werden.

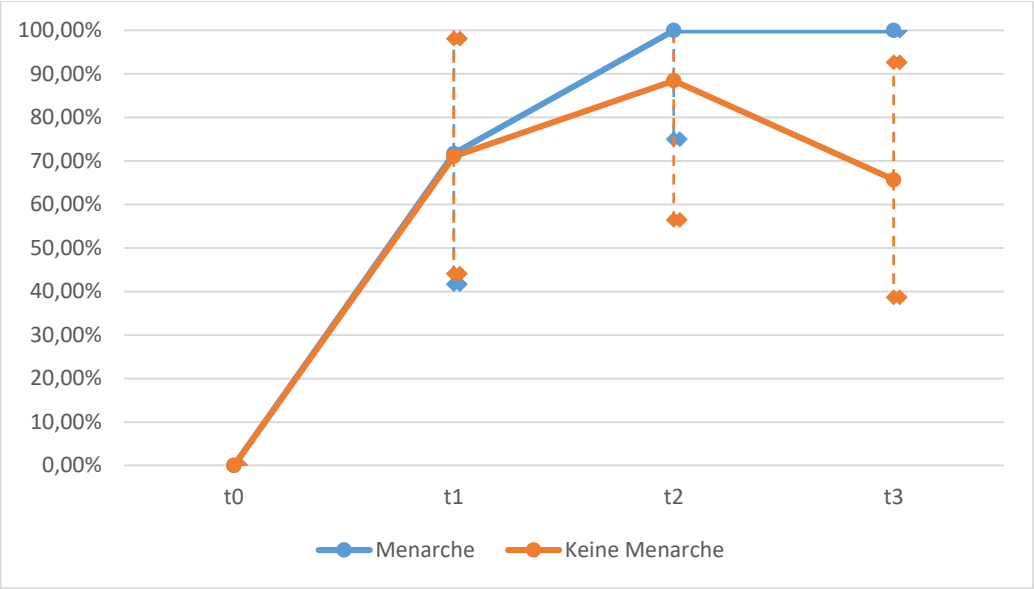


Abb. 34: Longitudinale Winkelveränderung anhand der Menarche zu t2/t3 mit Korsett

Ohne Korsett:

Ohne anliegendes Night-Brace konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bei der Winkelkorrektur beobachtet werden (p=0,377; p=0,127).

Hatte die Periode zum Zeitpunkt t2 schon eingesetzt (n=5), lag der mittlere Korrekturwinkel um 28,91 % verbessert bei 18,2°. Bei noch nicht stattgefundener Menarche (n=11) wiesen die Patientinnen einen medianen Cobb-Winkel von 19,7° auf. Die prozentuale Korrektur belief sich hierbei auf 8,68 %.

Zum Zeitpunkt t3 betrug der Medianwert der Patientinnen mit Regelblutung (n=4) 24,05°. Hatte noch keine Blutung eingesetzt (n=16) konnte der Medianwinkel mit 21,9° beschrieben werden. Die prozentualen Änderungen ließen sich mit 22,90 % bzw. 0,05 % beschreiben.

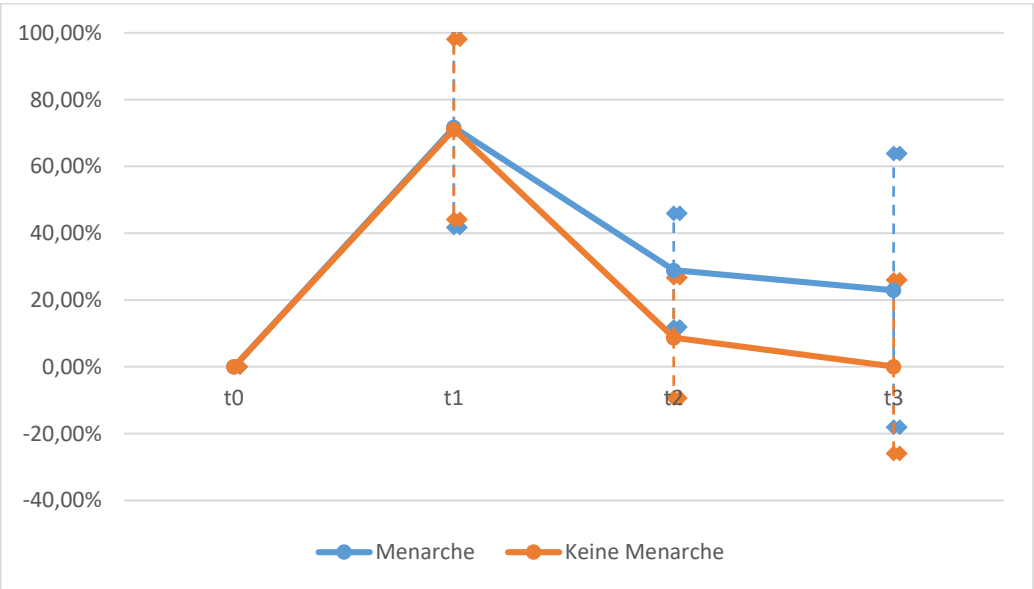


Abb. 35: Longitudinale Winkelveränderung anhand der Menarche zu t2/t3 ohne Korsett

5.5 Zusammenfassende Ergebnisse über die Entwicklung des Cobb-Winkels

Vor Therapiebeginn wurde für die gesamte Kohorte ein medianer Cobb-Winkel von 25,7° gemessen, welcher sich sechs bis zwölf Monate nach Einleitung der Behandlung mittels des Charleston-Bending-Night-Brace signifikant (p= <0,001) um 74,22 % auf 6,5° verbessern ließ.

Bei Betrachtung des longitudinalen Therapieverlaufs zeigte sich bei anliegender Orthese nach 12 bis 24 Monaten (t2) eine signifikante (p= <0,001) Verbesserung des Ursprungswinkels um 90,95 %. Auch ohne diese konnte eine signifikante (p= <0,001) Korrektur der AIS um 17,26 % nachgewiesen werden.

Nach 25 bis 36 (t3) Monaten verringerte sich die gemessene Korrektur bei Patienten mit anliegendem Bending-Night-Brace im Vergleich zur Primärkorrektur, wobei weiterhin eine signifikante (p= <0,001) Verbesserung des Cobb-Winkels um 70,49 % gezeigt werden konnte. Trugen die Patienten die Orthese zum Zeitpunkt t3 nicht, wurde ein um 9,46 % signifikant (p= <0,031) gebesserter Cobb-Winkel nachgewiesen.

Tab. 3: Zusammenfassende Darstellung der Entwicklung des Cobb-Winkels über die Messzeitpunkte

	Cobb-Winkel		***Prozentuale Verbesserung/ Signifikanz***	
	Ohne Korsett	***Mit Korsett***	***Ohne Korsett***	***Mit Korsett***
t0	25,7°			
t1		6,5°		74,22 % (p=<0,001)
t2	22,0°	1,8°	17,26 % (p=<0,001)	90,95 % (p=<0,001)
t3	23,2°	7,1°	9,46 % (p=<0,031)	70,49 % (p=<0,001)

6. Diskussion

Die idiopathische Skoliose ist per definitionem eine dreidimensionale strukturelle Wachstumsdeformität der Wirbelsäule mit der keine ausgemachten pathognomonischen Faktoren einhergehen [17, 18]. Bezüglich der konservativen Orthesentherapie existiert eine generelle, evidenzbasierte Empfehlung. Die Auswahl der Orthese ist u.a. abhängig von der Kurvenlokalisation [19].
In der vorliegenden Studie wurde das Ausmaß der radiologischen Primärkorrektur, welche die Verbesserung des Cobb-Winkels zwischen Ausgangswinkel und initialem Korrekturwinkel beschreibt, bei im Charleston-Bending-Night-Brace behandelten Patienten getestet und soll im Folgenden mit dem in Europa hauptsächlich zum Einsatz kommenden Cheneau Korsett, dessen Effektivität in verschieden Studien untersucht wurde, verglichen werden [46, 4].

In der vorliegenden Arbeit konnte für die Kohorte von 97 Patienten nach sechs bis zwölf Monaten (t1) eine mediane Winkelkorrektur von 74,22 % im Vergleich zum Ausgangswinkel nach Diagnosestellung ermittelt werden. Bei keinem der untersuchten Patienten kam es zu einer Verschlechterung der Hauptkurve, insofern war es in allen Fällen möglich die Progredienz der idiopathischen Adoleszentenskoliose aufzuhalten. Die besten primären radiologischen Korrekturen konnten dabei bei Patienten mit noch nicht abgeschlossener Skelettreife und idiopathischen Adoleszentenskoliosen Lenke 5 im lumbalen Bereich erzielt werden. Mit einer Verbesserung des Ausgangswinkels von mindestens 12,87 % konnte zum Zeitpunkt t1letzten Endes nicht nur ein Aufhalten der Progredienz, sondern eine kollektivübergreifende Verbesserung des Cobb-Winkels bewiesen werden.

Im Vergleich dazu betrug die Primärkorrektur in einer von Hopf und Heine [59] durchgeführten Studie zum Cheneau-Korsett, die 52 Patienten umfasste, lediglich 41 %. Auch die Ergebnisse einer 103 Patienten umfassenden Studie von Minsk und Venuti [60] hinsichtlich der Korrektur der Hauptkurve mit dem Cheneau-Koresett liegen mit einer Primärkorrektur von 31,5 % deutlich unterhalb der für das Bending-Night-Brace ermittelten Verbesserung des Ursprungswinkels von 74,22 %.

Aufgrund des multifaktoriell bedingten Verlaufs der AIS [10] ist die Untersuchung einzelner potentieller Einflussfaktoren von enormer Bedeutung für die Bewertung der radiologischen Winkelkorrektur. Zu diesen Einflussgrößen zählen neben dem Geschlecht und dem Krümmungstyp der Patienten auch der Kurventyp nach Lenke, die Nash- & Moe Rotation sowie die Lokalisation der Fehlstellung. Weiterhin ist die noch vorhandene Wachstumsreserve, welche allgemein über das Risserzeichen und bei Mädchen zusätzlich durch die Menarche objektiviert werden kann, von großer Wichtigkeit.

Während Mädchen und Jungen kein signifikant voneinander abweichendes Therapieansprechen hinsichtlich der Primärkorrektur zeigten, stellte sich die Lokalisation der Krümmung als signifikante Einflussgröße hinsichtlich der radiologisch objektivierbaren Korrektur dar. Lumbale Skoliosen konnten im Median um 100 % verbessert werden und zeigten somit ein wesentlich besseres primäres Therapieansprechen als thorakale Krümmungen, die lediglich um 53,88 % korrigiert werden konnten.
Auch Korovessis und Syrimpeis [61] beschrieben in einer 2018 veröffentlichten Studie mit Bezug auf das Cheneau-Korsett ebenfalls deutlich höhere Korrekturwerte für lumbale als für thorakale Fehlstellungen. Mit Cobb-Winkel Verbesserungen von 29 % für thorakale und 34 % für lumbale AIS zeigten sich jedoch deutlich geringere Primärkorrekturen als bei im Charleston-Bending-Night-Brace behandelten Patienten.
Der signifikante Korrekturunterschied zwischen lumbalen und thorakalen AIS ist durch die im Vergleich zur Brustwirbelsäule höhere Flexibilität der Lendenwirbelsäule zu begründen. Während der knöcherne Thorax die Verbesserung von Fehlstellungen im Bereich der Brustwirbelsäule limitiert, können lumbale AIS durch die anatomisch gegebene Flexibilität signifikant besser korrigiert werden [41, 65].

Bei Betrachtung der verschiedenen Risserstadien zeigten sich in der vorliegenden Studie wesentliche, jedoch nicht signifikante Unterschiede hinsichtlich der Primärkorrektur. Während sich in den niedrigeren Stadien 0 und 2, die durch ein noch nicht ausgereiftes knöchernes Skelett ausgezeichnet sind, Winkelverbesserungen von 84,94 % und 100 % nachweisen ließen, wurde bei Patienten mit schon fortgeschrittener Verknöcherung eine deutlich niedrigere Primärkorrektur beobachtet. Im Stadium 3 lag diese noch bei 64,22 %, während in Stadium 4 nur noch eine Verbesserung 43,80 % auftrat.
Im Vergleich dazu konnten Weiss und Werkmann [62] in einer 81 Patienten umfassenden Studie hinsichtlich der Primärkorrektur des Cobb-Winkels im Cheneau-Korsett signifikante Unterschiede zwischen den Risserstadien nachweisen. Die ermittelte mediane Winkelverbesserung von 51% lag dabei jedoch maßgeblich unterhalb der im Charleston-Bending-Night-Brace gemessenen Korrektur von 74,22 %.
Patienten mit niedrigen Risserstadien haben ein deutlich größeres Wachstumspotential und somit ein höheres Risiko hinsichtlich der Progredienz der AIS, gleichzeitig aber ein noch nicht ausgewachsenes und somit elastischeres Skelett. Das noch nicht abgeschlossene Knochenwachstum gilt als Indikator für den Beginn einer Korsetttherapie, da die knöchernen Anteile der Wirbelsäule als noch formbar gelten und die Progredienz der AIS durch ein gelenktes Wachstum aufgehalten werden kann [2, 43].

Bei Bewertung der Menarche als potentieller Einflussfaktor auf die radiologische Korrektur des Cobb-Winkels erbrachten Patientinnen mit bereits eingesetzter Regelblutung im Vergleich zu Patientinnen ohne Menstruation keine signifikant abweichende Primärkorrektur. Patientinnen mit noch nicht stattgehabter Menarche haben aufgrund der Wachstumsreserve ein höheres Progredienzrisiko der AIS. Ähnlich wie in niedrigen Risserstadien kann durch die höhere

Elastizität des noch nicht ausgereiften Skeletts allerdings von einer guten Formbarkeit der Wirbelsäule ausgegangen werden [18].
In einer von Giorgi und Piazzolla [63] durchgeführten Studie, die 48 Patientinnen umfasste, konnte ebenso wie in der vorliegenden Arbeit kein signifikanter Einfluss der Menarche auf die radiologische Korrektur der AIS bewiesen werden. Mit einer im Chenaeu-Korsett erreichten Primärkorrektur von 72 % zeigten sich jedoch ähnlich gute Ergebnisse, wie sie bei mit dem Bending-Night-Brace behandelten Patienten ermittelt wurden.

Werden die verschiedenen Kurventypen der AIS betrachtet, wurde in der vorliegenden Arbeit kein signifikanter Korrekturunterschied zwischen Haupt- und Nebenkrümmungen festgestellt. Mit 74,22 % ließen sich die Hauptkurven etwas besser korrigieren als die Nebenkurven (67,34 %), was an der geringeren Ausprägung der Nebenkurven liegen könnte.

Dahingengen fielen beim Vergleich der verschiedenen Lenke- und Nash & Moe-Klassen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Verbesserung des Cobb-Winkels auf. Während für Patienten mit Kurventyp Lenke 5 eine mediane Primärkorrektur von 100 % ermittelt werden konnte, lag diese bei Lenke 1 und 2 mit Werten von lediglich 67,63 % bzw. 46,70 % signifikant darunter. Patienten mit Nash & Moe 1 wiesen mit 89,32 % eine signifikant bessere Winkelkorrektur als Patienten mit Typ 2 (63,44 %) auf. Die zu Beginn der Therapie wesentlich geringer ausgeprägte Rotation in der Transversalebene wirkt sich somit letztlich positiv auf die Kurvenverbesserung in der Frontalebene aus.

In der vorliegenden Studie konnte der signifikante Einfluss der Kurvenlokalisation, der Nash & Moe Klasse und der Lenkeklassifikation auf die radiologische Korrektur der Fehlstellung dargestellt werden. Ähnliche Ergebnisse sind auch in Studien zum Cheneau-Korsett zu finden [61], wodurch letztlich deutlich wird, dass Patienten in Abhängigkeit der objektivierbaren Voraussetzungen in unterschiedlichem Maße von einer Korsetttherapie profitieren.
Bei einem Vergleich der beiden Korsett-Typen zeigte sich bei Behandlung der AIS mit dem Charleston-Bending-Night Brace jedoch eine wesentlich bessere Primärkorrektur als bei Patienten mit dem Cheneau-Korsett.

Die Arbeitshypothese, nach welcher die durchschnittliche radiologische Primärkorrektur des Cobb-Winkels bei im Charleston-Bending-Night-Brace behandelten Patienten mit idiopathischer Adoleszentenskoliose von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig ist, ist folglich als bewiesen anzusehen.

Da sich die idiopathische Adoleszentenskoliose jedoch in den meisten Fällen als progredientes Krankheitsbild darstellt [5, 10, 24], ist neben der Evaluation der Primärkorrektur auch die Betrachtung des longitudinalen Therapieverlaufs von enormer Bedeutung um einen Therapieerfolg ableiten zu können.

Während für die Gesamtpopulation zu den Zeitpunkten t2 und t3 bei anliegendem Korsett prozentuale Verbesserungen der Cobb-Winkel von 90,95 % und 70,49 % ermittelt wurden, betrugen die medianen Korrekturen ohne anliegendes Korsett 17,26 % und 9,46 %. Eine Verbesserung des Ausgangswinkels war zu diesen Zeitpunkten allerdings nicht mehr für alle Patienten möglich.
Der Rückgang der radiologischen Primärkorrektur ist durch den pubertären Wachstumsschub der Patienten zu erklären. Häufig wird eine Verschlechterung des Ausgangswinkels während des schnellen Längenwachstums, das u. a. zwischen dem 12.-14. Lebensjahr sattfindet, beobachtet. Als Therapieziel in dieser Phase gilt daher das Aufhalten der Progredienz der AIS [35, 39].

Die Cobb-Winkel Veränderungen bei Therapie mit dem Bending-Night-Brace waren im longitudinalen Verlauf weder vom Krümmungstyp noch vom Geschlecht der Patienten abhängig. Auch innerhalb der Risserstadien und Nash & Moe Rotationen konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Korrektur der AIS ermittelt werden. Bei Betrachtung der Lenkeklassifikation fiel hingegen bei anliegendem Korsett ein signifikanter Korrekturunterschied auf. Dabei zeigten Patienten mit AIS und Lenke 5 deutlich bessere Korrekturen als Patienten mit den Typen 1 und 2.
Zum Zeitpunkt t3 zeigten sich auch die Kurvenlokalisation sowie die Menarche als signifikante Einflussgrößen auf die Winkelkorrektur bei anliegendem Korsett. Während lumbale AIS mit 76,97 % deutlich besser korrigiert werden konnten als thorakale Fehlstellungen (46,26 %), zeigten Patienten mit eingesetzter Periode mit einer Korrektur 100% wesentlich höhere Korrekturen als Patienten ohne Menarche (65,70 %).
Die bessere Korrektur der lumbalen Fehlstellungen ist dabei auf die deutlich höhere Flexibilität der Lendenwirbelsäule zurückzuführen, die im Vergleich zu thorakalen Kurven auch schon eine signifikant bessere Primärkorrektur der lumbalen AIS zu Folge hatte [41, 65]. Bei Patienten mit schon eingesetzter Periode war von einem nicht mehr so hohem Wachstumspotential auszugehen, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer Progredienz der Skoliose geringer ausfiel [18]. Die longitudinale Korrektur des Cobb-Winkels zeigte sich letztlich trotz weiter vorangeschrittener Skelettreife wesentlich stabiler.

Eine Verringerung der Primärkorrektur zeigte sich auch bei Behandlung der AIS mit dem Cheneau-Korsett. In der Studie von Korovessis und Syrimpeis [61] fiel die Korrektur thorakaler Skoliosen mit anliegendem Korsett im Therapieverlauf nach drei Jahren auf 29 %. Mit einer im Charleston-Bending-Night-Brace gemessenen Korrektur von 46,26 % konnte in

der vorliegenden Studie eine wesentlich bessere Stabilisierung der radiologischen Korrektur festgestellt werden.
Bei lumbalen Fehlstellungen verringerte sich der anfängliche Therapieerfolg bei Behandlung mit dem Cheneau-Korsett auf 34 % [61]. Die Ergebnisse von im Bending-Night-Brace behandelten Patienten zeigen mit Korrekturen von 76,97 % wesentlich bessere Ergebnisse.

Während in der Studie von Giorgio und Piazzolla [63] bei anliegendem Cheneau-Korsett mit einer longitudinalen radiologischen Korrektur von 69 % bei Ende des Knochenwachstums ein nahezu identisch gutes Ergebnis wie mit dem Bending-Night-Brace erreicht wurde, fiel die Korrektur bei Minsk und Venuti [60] mit 0,4 % bei Erreichen der Skelettreife deutlich geringer aus als in der vorliegenden Arbeit.
Ovadia und Eylon [64] konnten nach drei Behandlungsjahren mit dem Cheneau-Korsett eine Verbesserung des Cobb-Winkels um 9,4 % ohne anliegendes Korsett nachweisen. Dieses Ergebnis ist als deckungsgleich zu dem der vorliegenden Studie zu werten.

Ein Vergleich der longitudinalen radiologischen Korrektur zwischen dem Bending-Night-Brace und dem Cheaneu-Korsett ist durch nicht exakt übereinstimmende Messzeitpunkte im longitudinalen Verlauf nur eingeschränkt möglich. Jedoch zeigt sich nach 24 bzw. 36 Monaten bei der Therapie mit dem Bending-Night-Brace eine tendenziell bessere oder zumindest gleich gute radiologische Winkelkorrektur.

Neben der Betrachtung der Korrektur des Cobb- Winkels zeigt ein Blick auf Studien zur Compliance hinsichtlich des Trageverhaltens weitere Vorteile bei Behandlung der AIS mit dem Night-Brace. So konnte gezeigt werden, dass traditionelle Tagorthesen in ca. 40 % der Fälle nicht compliant und somit weniger als 50 % der eigentlich einzuhaltenden Tragezeit genutzt wurden. Dahingegen zeigte sich, dass das isolierte Night-Time-Brace eine Incompliance-Rate von nur 8 % hatte. [68]

Die Betrachtung des longitudinalen Verlaufs der Korrektur des Cobb-Winkels lässt letztlich einen Rückschluss auf die Bewertung des Therapieerfolgs von im Charleston-Bending-Night-Brace behandelten Patienten mit idiopathischer Adoleszentenskoliose zu. Die Arbeitshypothese, dass die Primärkorrektur bei longitudinaler Betrachtung anfänglich abnimmt ließ sich zunächst bestätigen. Nach stattgehabten Wachstumsschub ist jedoch von einem niedrigen Progredienzrisiko der skoliotischen Fehlstellung auszugehen, sodass die Cobb-Winkel zum Zeitpunkt t3 als prognostisches Maß für eine langfristige Entwicklung der Kurvenausprägung gewertet werden können. So konnte anhand der vorliegenden Studie gezeigt werden, dass die Therapie mit dem Charleston-Bending-Night-Brace schon nach 24 bis 36 Monaten eine sehr gute Stabilisierung des Cobb-Winkels nach sich zieht, wobei im weiteren Verlauf von keiner stark ausgeprägten Progredienz mehr auszugehen ist. Weiterhin ist die bessere Compliance bei der Versorgung der AIS mit dem Bending-Night-Brace als prognostisch günstiges Kriterium zu werten.

7. Zusammenfassung

Ziel dieser Dissertation war es nachzuweisen, dass die radiologische Primärkorrektur der idiopathischen Adoleszentenskoliose bei Therapie mit dem Charleston-Bending-Night-Brace deutlich höher liegt als bei der Behandlung der AIS mit dem Cheneau-Korsett. Weiterhin sollte der Einfluss verschiedener Faktoren auf die radiologische Korrektur des Cobb-Winkels geprüft werden.
Um eine objektive Beurteilung der Ergebnisse zu ermöglichen war die Betrachtung der medianen prozentualen Winkelveränderung zu verschieden Zeitpunkten unabdingbar.

Dabei zeigte sich zu Therapiebeginn (t0) ein medianer Cobb-Winkel von 25,7° der sich zum ersten Nachuntersuchungszeitpunkt nach 12 Monaten (t1) mit anliegendem Korsett um 74,22 % auf 6,5° korrigieren ließ. Signifikanten Einfluss auf die Korrektur hatten sowohl der Krümmungstyp, als auch die Lokalisation der Fehlstellung. Auch zwischen den verschiedenen Lenke- und Nash & Moe Klassen zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der primären Winkelkorrektur.

Mit 30-40 % höherliegenden radiologischen Primärkorrekturen erwies sich die Therapie der AIS mit dem Charleston-Bending-Night-Brace im Vergleich zu mehreren Studien zum Cheneau-Korsett als deutlich überlegen. Die Arbeitshypothese, nach welcher die radiologische Korrektur von verschiedenen Faktoren abhängig sein sollte, konnte bestätigt werden. Patienten mit hohem Wachstumspotential, lumbalen Kurven oder Lenke 5 Skoliosen profitierten dabei am meisten von der Therapie mittels Night-Brace.

Bei der Betrachtung des longitudinalen Therapieverlaufs konnte nach 13 bis 24 Monaten (t2) eine Verbesserung des Cobb-Winkels um 90,95 % mit anliegendem Korsett bzw. um 17,26 % ohne Orthese festgestellt werden. Nach 25 bis 36 Monaten betrug die Korrektur mit Night-Brace 70,49 %, während ohne dieses eine Reduktion der Kurve um 9,46 % beschrieben werden konnte.

Die im Hinblick auf die zunächst erreichte Primärkorrektur beobachtete Regredienz der radiologischen Winkelverbesserung im longitudinalen Behandlungsverlauf der idiopathischen Adoleszentenskoliose war durch den präpubertären Wachstumsschub und das somit zwischenzeitlich erfolgte Längenwachstum der Patienten zu erklären. Im Vergleich zur Therapie mit dem Cheneau-Korsett konnten jedoch bessere oder zumindest gleich gute Cobb-Winkelkorrekturen ermittelt werden.

Ferner ließen die im longitudinalen Verlauf erzielten Ergebnisse mit dem Charleston-Bending-Night-Brace Rückschlüsse auf den Therapieerfolg zu. Im Vergleich zur Therapie mit dem Cheneau-Korsett ließ sich eine bessere Stabilisierung des Cobb-Winkels beobachten, welche sich mit einer guten Prognose hinsichtlich der weiteren Progredienz des Krankheitsbildes korrelieren lässt.

Einschränkungen:

Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Studie bestehen zwischen den einzelnen Patienten zeitliche Differenzen im Hinblick auf die Messzeitpunkte t1, t2 und t3 der Röntgenübersichtsaufnahmen. Weiterhin sind das nicht genau kontrollierbare Trageverhalten der Orthesen seitens der Patienten und mögliche Fehler bei den Messungen der Cobb-Winkel (±1°) als potentiell einschränkende Faktoren der Studie zu nennen. Ein Vergleich zu Studien mit anderen Therapieansätzen soll eine bessere Einordnung dieser Ergebnisse ermöglichen. Bei der Analyse und dem Gegenüberstellen der Literatur sind jedoch gegebenenfalls abweichende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Neben der Größe des Patientenkollektivs können Untersuchungszeitpunkte, Einschlusskriterien und Untersuchungsmethoden geringfügig voneinander abweichen.

Literaturverzeichnis

1 *Harrasser N, Eisenhart-Rothe R, Biberthaler P*. Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016

2 *Stücker R*. Die idiopathische Skoliose. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 39–56

3 *Mladenov K, Deimling U* von. Neuromuskuläre Skoliose. In: Bächli H, Lütschg J, Messing-Jünger M, Hrsg. Pädiatrische Neurochirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018: 225–233

4 *Völlner F, Dingeldey E, Schmitz S et al.* Konservative und operative Therapie der idiopathischen Skoliose. Der Orthopäde 2020; 49: 635–646

5 *Lonstein JE*. Scoliosis: Surgical versus Nonsurgical Treatment. Clin Orthop Relat Res 2006; 443

6 *Matussek J, Benditz A, Dingeldey E et al.* Operative Behandlung der Skoliose im Kindes- und Jugendalter. Der Orthopäde 2015; 44: 577–594

7 *Moreau A, Akoumé Ndong M-Y, Azeddine B et al.* Molekulare und genetische Aspekte der idiopathischen Skoliose. Der Orthopäde 2009; 38: 114–121

8 *Kotwicki T, Chowanska J, Kinel E et al.* Optimal management of idiopathic scoliosis in adolescence. Adolescent health, medicine and therapeutics 2013; 4: 59–73

9 *Liljenqvist U, Lerner T, Bullmann V*. Selektive Fusionsmöglichkeiten der idiopathischen Skoliose unter kritischer Würdigung der Lenke-Klassifikation. Der Orthopäde 2009; 38: 189–197

10 *Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JCY et al.* Adolescent idiopathic scoliosis. Lancet (London, England) 2008; 371: 1527–1537

11 *Radl R, Maafe M, Ziegler S*. Skoliose. Der Orthopäde 2011; 40: 449–462

12 *Tingart M, Schulze A*. Update Skoliose. Der Orthopäde 2015; 44: 835

13 *Matussek J, Dingeldey E, Benditz A et al.* Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose : Beeinflussung der Rumpfasymmetrie mit Cheneau-Korsettarchetypen. Der Orthopäde 2015; 44: 869–878

14 *Seifert J*. Idiopathische Skoliose: Optionen der konservativen und operativen Therapie. Orthop. Rheuma 2016; 19: 33–37

15 *Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG et al.* Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. The New England journal of medicine 2013; 369: 1512–1521

16 *Gepstein R, Leitner Y, Zohar E et al.* Effectiveness of the Charleston bending brace in the treatment of single-curve idiopathic scoliosis. Journal of Pediatric Orthopaedics 2002; 22: 84–87

17 *Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG et al.* 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Scoliosis Spinal Disord 2018; 13: 3

18 *Trobisch P, Suess O, Schwab F*. Idiopathic scoliosis. Dtsch Arztebl Int 2010; 107: 875–884

19 *Graf R, Löhr J, Wirth CJ*. Konservative Behandlung der idiopathischen Skoliose. Der Orthopäde 1997; 26: 808–817

20 *Goldberg CJ, Moore DP, Fogarty EE et al.* Scoliosis: a review. Pediatric Surgery International 2008; 24: 129–144

21 *Richter S, Richter RH, Forst R*. Skoliose. In: Casser H-R, Hasenbring M, Becker A, et al., Hrsg. Rückenschmerzen und Nackenschmerzen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016: 469–478

22 *Karol LA*. The Natural History of Early-onset Scoliosis. Journal of Pediatric Orthopaedics 2019; 39

23 *Sanders JO*. Maturity Indicators in Spinal Deformity. JBJS 2007; 89

24 *Dimeglio A, Canavese F*. The immature spine: growth and idiopathic scoliosis. Annals of translational medicine 2020; 8: 22

25 *Casser H-R, Hasenbring M, Becker A et al., Hrsg.* Rückenschmerzen und Nackenschmerzen: Interdisziplinäre Diagnostik und Therapie, Versorgungspfade, Patientenedukation, Begutachtung, Langzeitbetreuung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016

26 *King HA, Moe JH, Bradford DS et al.* The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. JBJS 1983; 65: 1302–1313

27 *Lenke LG, Betz RR, Harms J et al.* Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. JBJS 2001; 83: 1169–1181

28 *Slattery C, Verma K*. Classifications in Brief: The Lenke Classification for Adolescent Idiopathic Scoliosis. Clin Orthop Relat Res 2018; 476: 2271–2276

29 *Hefti F*. Kinderorthopädie in der Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014

30 *Lowe TG, Edgar M, Margulies JY et al.* Etiology of Idiopathic Scoliosis: Current Trends in Research*. JBJS 2000; 82

31 *Axenovich TI, Zaidman AM, Zorkoltseva IV et al.* Segregation analysis of idiopathic scoliosis: demonstration of a major gene effect. American journal of medical genetics 1999; 86: 389–394

32 *Hefti F*. Pathogenesis and biomechanics of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Journal of children's orthopaedics 2013; 7: 17–24

33 *Moewes H*. Ein einfaches Gert zur Messung von Skoliose-Winkeln nach der Methode von Cobb und Ferguson. Arch orthop Unfall-Chir 1963; 54: 617–618

34 *Rolton D, Nnadi C, Fairbank J*. Scoliosis: a review. Paediatrics and Child Health 2014; 24: 197–203

35 *Thielen M, Akbar M*. Klassifikation des Wachstumspotenzials und resultierende therapeutische Konsequenzen bei Wirbelsäulendeformitäten : Wann ergibt was Sinn? Der Orthopäde 2019; 48: 452–460

36 *Matussek J, Dingeldey E, Wagner F et al.* Konservative Therapie der idiopathischen Skoliose mit dem Korsett : Hohe Korrekturraten bei frühzeitiger Beobachtung und Behandlung der Rumpfasymmetrie. Der Orthopäde 2014; 43: 689-700; quiz 700-2

37 *Krenauer A, Mehren C*. 14/w – „schlechte“ Haltung und leicht abstehendes Schulterblatt : Vorbereitung auf die Facharztprüfung: Fall 47. Der Orthopäde 2021; 50: 130–134

38 *Kotwicki T, Walczak A, Szulc A*. Trunk rotation and hip joint range of rotation in adolescent girls with idiopathic scoliosis: does the "dinner plate" turn asymmetrically ? Scoliosis 2008; 3: 1

39 *Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG et al.* 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. Scoliosis Spinal Disord 2018; 13: 3

40 *Risser JC*. The classic: The iliac apophysis: an invaluable sign in the management of scoliosis. 1958. Clin Orthop Relat Res 2010; 468: 643–653

41 *Lonstein JE, Carlson JM*. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. JBJS 1984; 66

42 *Dimeglio A, Canavese F, Charles YP*. Growth and Adolescent Idiopathic Scoliosis: When and How Much? Journal of Pediatric Orthopaedics 2011; 31

43 *Dimeglio A, Canavese F*. Progression or not progression? How to deal with adolescent idiopathic scoliosis during puberty. Journal of children's orthopaedics 2013; 7: 43–49

44 *Bullmann V, Liljenqvist U*. Die idiopathische Skoliose. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2019; 14: 571–585

45 *Negrini S, Mauroy JC* de, *Grivas TB et al.* Actual evidence in the medical approach to adolescents with idiopathic scoliosis. European journal of physical and rehabilitation medicine 2014; 50: 87–92

46 *Seifert J, Thielemann F, Bernstein P*. Adoleszente idiopathische Skoliose : Leitfaden für die praktische Anwendung. Der Orthopäde 2016; 45: 509–517

47 *Steffan K*. Physiotherapie in der idiopathischen Skoliosebehandlung. Der Orthopäde 2015; 44: 852–858

48 *Matussek J, Mellerowicz H, Klöckner C et al.* Zwei- und dreidimensionale Korrektur von Skoliosen durch Korsettbehandlung. Optimierte konservative Therapie der idiopathischen Skoliose durch ein weiterentwickeltes Cheneau-Korsett. Der Orthopade 2000; 29: 490–499

49 *Seifert J, Selle A*. Hat die Nachtorthese in der Skoliosetherapie noch eine Berechtigung? Der Orthopäde 2009; 38: 146–150

50 *Katz DE, Richards BS, Browne RH et al.* A comparison between the Boston brace and the Charleston bending brace in adolescent idiopathic scoliosis. Spine 1997; 22: 1302–1312

51 *Climent JM, Sánchez J*. Impact of the type of brace on the quality of life of Adolescents with Spine Deformities. Spine 1999; 24: 1903–1908

52 *Price CT, Scott DS, Reed FE et al.* Nighttime bracing for adolescent idiopathic scoliosis with the Charleston bending brace. Preliminary report. Spine 1990; 15: 1294–1299

53 *Lee CS, Hwang CJ, Kim D-J et al.* Effectiveness of the Charleston night-time bending brace in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Journal of pediatric orthopedics 2012; 32: 368–372

54 *Hell AK, Tsaknakis K, Lippross S et al.* Skoliose im Kindes- und Jugendalter. Monatsschr Kinderheilkd 2020; 168: 917–929

55 *Geiger F, Rauschmann M*. Dynamische Verfahren bei der juvenilen Skoliose. Der Orthopäde 2009; 38: 122-4, 126-30

56 *McKnight PE, Najab J*. Mann-Whitney U Test. Seistock, D., Bunina, A., & Aden, J. (2020). Der t-, Welch-und U-Test im psychotherapiewissenschaftlichen Forschungskontext. Empfehlungen für Anwendung und Interpretation. SFU Forschungsbulletin, 8(1), 87-105.Weiner, Craighead (Hg.) 2010 – The Corsini Encyclopedia of Psychology: 1

57 *McKight PE, Najab J*. Kruskal-Wallis Test. In: Weiner IB, Craighead WE, Hrsg. The Corsini Encyclopedia of Psychology: Wiley; 2010: 1

58 *Berger VW, Zhou Y*. Kolmogorov–Smirnov Test: Overview. In: Balakrishnan N, Colton T, Everitt B, et al., Hrsg. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online: Wiley; 2014

59 *Hopf C, Heine J*. Langzeitergebnisse der konservativen Behandlung der Skoliose mit dem Chêneau-Korsett. Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete 1985; 123: 312–322

60 *Minsk MK, Venuti KD, Daumit GL et al.* Effectiveness of the Rigo Chêneau versus Boston-style orthoses for adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective study. Scoliosis Spinal Disord 2017; 12: 7

61 *Korovessis P, Syrimpeis V, Tsekouras V et al.* Effect of the Chêneau Brace in the Natural History of Moderate Adolescent Idiopathic Scoliosis in Girls: Cohort Analysis of a Selected Homogenous Population of 100 Consecutive Skeletally Immature Patients. Spine deformity 2018; 6: 514–522

62 *Weiss H-R, Werkmann M*. "Brace Technology" Thematic Series - The ScoliOlogiC® Chêneau light™ brace in the treatment of scoliosis. Scoliosis 2010; 5: 19

63 *Giorgi S* de, *Piazzolla A, Tafuri S et al.* Chêneau brace for adolescent idiopathic scoliosis: long-term results. Can it prevent surgery? 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 2013; 22 Suppl 6: S815-22

64 *Ovadia D, Eylon S, Mashiah A et al.* Factors associated with the success of the Rigo System Chêneau brace in treating mild to moderate adolescent idiopathic scoliosis. Journal of children's orthopaedics 2012; 6: 327–331

65 *Thompson RM, Hubbard EW, Jo C-H et al.* Brace Success Is Related to Curve Type in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. The Journal of bone and joint surgery. American volume 2017; 99: 923–928

66 *Tarhan T, Froemel D, Meurer A*. EOS-Imaging : 2-D/3-D-Diagnostik des Skeletts. Der Orthopade 2015; 44: 977-85; quiz 986-7

67 *Krug KB, Weber C, Schwabe H et al.* Bildqualitativer Vergleich eines röntgenstereotaktischen Ganzkörperaufnahmesystems mit der direkten Flachdetektor-Radiografie anhand von Untersuchungen des Beckens und des Knies. Fortschr Röntgenstr 2014; 186

68 Selle, A., and J. Seifert. "Compliance-Vergleich verschiedener Skoliose-Bracing-Konzepte." *Orthopedie-Technik* 8 (2010): 580-583.

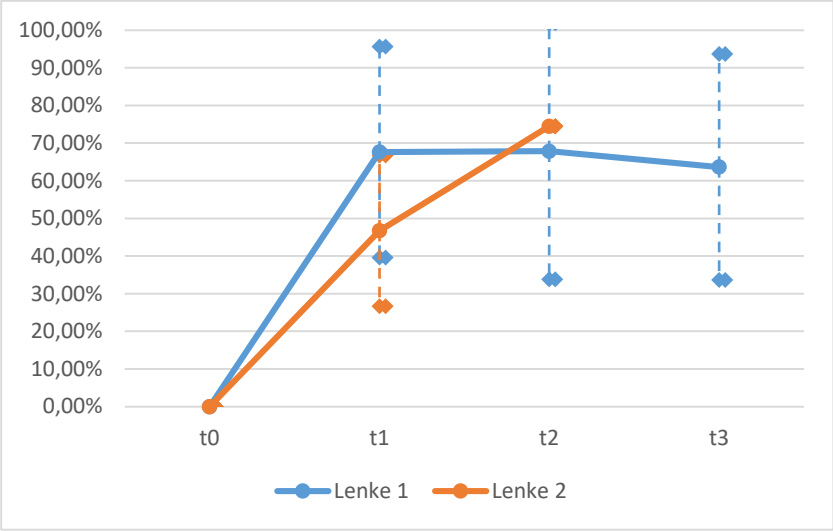
Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Klassifikation nach Lenke [29] *8*
Abb. 2: Epidemiologie der verschiedenen Skolioseformen [4] *9*
Abb. 3: Vorbeugetest - Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorhanden *10*
Abb. 4: Eingezeichneter Cobb-Winkel (51,8°) bei einer rechtskonvexen Skoliose (der offene Winkel von 128,2° steht nicht in Zusammenhang mit diesem) - Bilder OUK, Einverständnis der Eltern Vorliegend *12*
Abb. 5: Schematische Darstellung der Nash & Moe-Klassifikation [1] *12*
Abb. 6: Darstellung der Risser-Stadien [38] *13*
Abb. 7: : Darstellung der Funktionsweise des Cheneau-Korsetts [36] *16*
Abb. 8: links: Darstellung eines Bending-Night-Braces; rechts: Gipsmodelle eines Patienten stehend sowie liegend in Bending-Position der oberen BWS, Bilder OUK *18*
Abb. 9:: Röntgenkontrollaufnahme des Cobb-Winkels einer rechtskonvexen, im Bending-Night-Brace versorgten AIS (die Büroklammern markieren den Sitz der Druckpelotten und werden nach erfolgter Kontrolle durch die Orthopädietechnik entfernt) -Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend *18*
Abb. 10: Gegenüberstellung von Tag- und Nachtorthese; Die dargestellten „Büroklammern" sind auf die Orthese aufgeklebt und markieren den Pelottendruck,-Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend *19*
Abb. 11: links: AIS, rechtskonvex, Risser 2; rechts: operativ versorgte AIS mit dem ApiFix-Sytem 24 Monate postoperativ Bilder OUK, Einverständnis der Eltern vorliegend *20*
Abb. 12: Prozentuale Winkelkorrektur der Kohorte zu t1 ..... *27*
Abb. 13: Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t1 ..... *28*
Abb. 14: Winkelkorrektur nach Kurventyp zu t1 ..... *28*
Abb. 15: Prozentualen Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t1 ..... *29*
Abb. 16: Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen zu t1 ..... *30*
Abb. 17: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur nach Risserstadium zu t1 ..... *30*
Abb. 18: Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t1 ..... *31*
Abb. 19: Prozentuale Winkelkorrektur abhängig von der Menarche zu t1 ..... *32*
Abb. 20: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur der Kohorte zu t2/t3 mit Korsett *33*
Abb. 21: Darstellung der prozentualen Winkelkorrektur der Kohorte zu t2/t3 ohne Korsett *34*
Abb. 22: Longitudinale Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t2/t3 mit Korsett *35*
Abb. 23: Longitudinale Winkelkorrektur nach Geschlecht zu t2/t3 ohne Korsett *35*
Abb. 24: Prozentuale Korrektur der Cobb-Winkel nach Kurventyp zu t2/t3 mit Korsett *36*
Abb.25: Prozentuale Korrektur der Cobb-Winkel nach Kurventyp zu t2/t3 ohne Korsett *37*
Abb. 26: Longitudinale Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t2/t3 mit Korsett *37*
Abb. 27: Longitudinale Winkelkorrektur anhand der Kurvenlokalisation zu t2/t3 ohne Korsett *38*
Abb. 28: Darstellung der Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen nach Lenke zu t2/t3 mit Korsett *39*
Abb. 29: Darstellung der Winkelkorrektur der verschiedenen Kurventypen nach Lenke zu t2/t3 ohne Korsett *39*
Abb. 30: Prozentuale Korrektur des Cobb-Winkels nach Risserstadium im Verlauf mit Korsett *40*
Abb.31: Prozentuale Korrektur des Cobb-Winkels nach Risserstadium im Verlauf ohne Korsett *41*
Abb. 32: Longitudinale prozentuale Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t2/t3 mit Korsett *42*
Abb. 33: Longitudinale prozentuale Winkelkorrektur anhand der Rotation nach Nash & Moe zu t2/t3 ohne Korsett *43*
Abb. 34: Longitudinale Winkelveränderung anhand der Menarche zu t2/t3 mit Korsett *44*
Abb. 35: Longitudinale Winkelveränderung anhand der Menarche zu t2/t3 ohne Korsett *44*

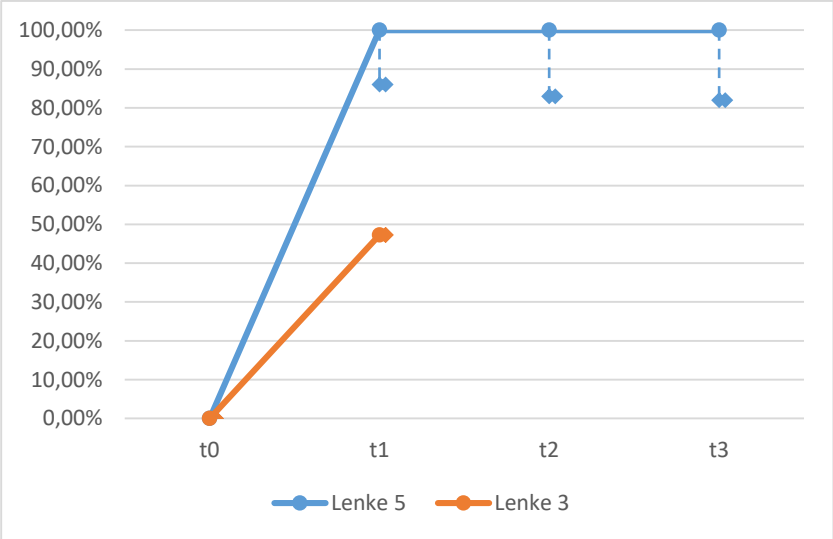
Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bezeichnung der Skoliose anhand der Lokalisation des Scheitelpunkts [2] *6*
Tab. 2: Darstellung des restlichen Wirbelsäulenwachstums in Abhängigkeit vom Risser-Stadium [14] *14*
Tab. 3: Zusammenfassende Darstellung der Entwicklung des Cobb-Winkels über die Messzeitpunkte *45*

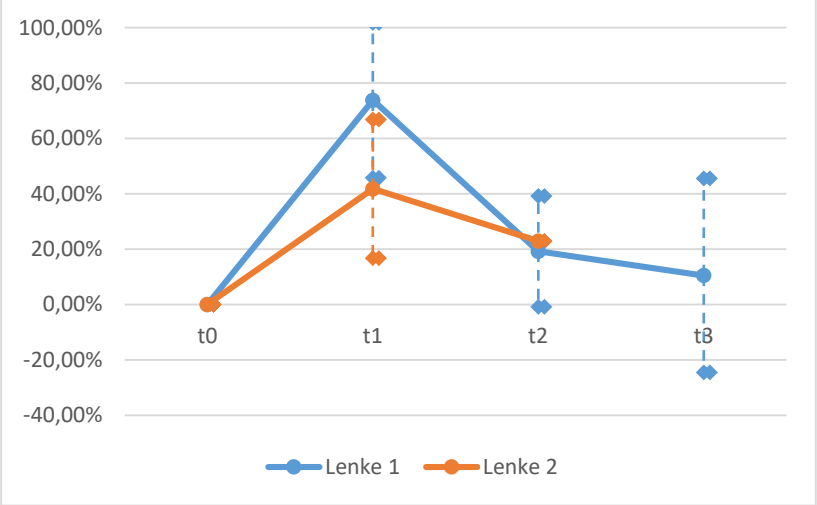
Anhang



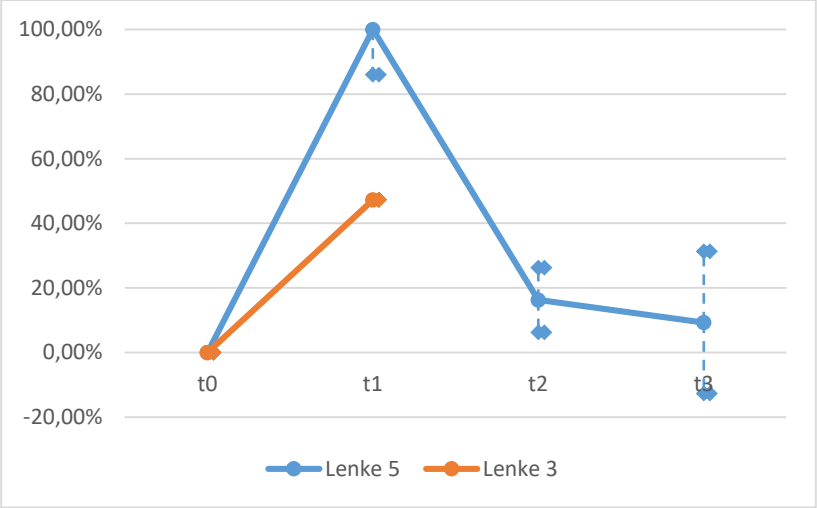
Anhang 1: Darstellung der Winkelkorrektur von Lenke 1 und 2 zu t2/t3 mit Korsett



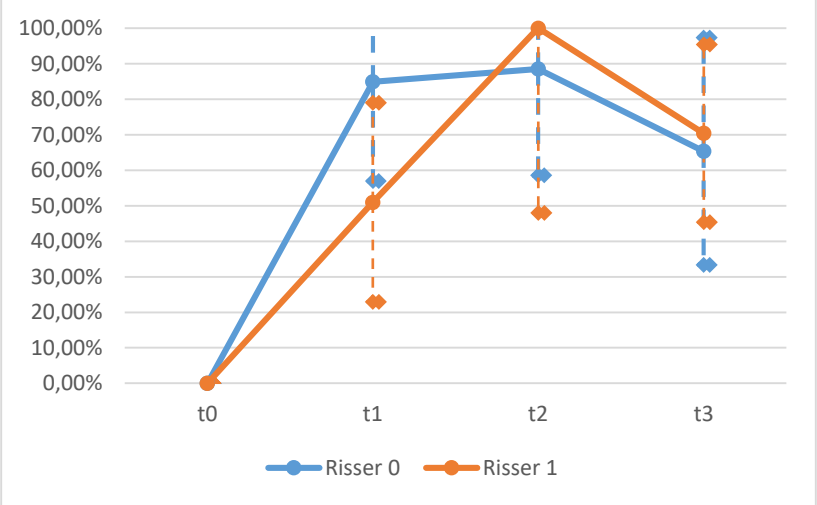
Anhang 2: Darstellung der Winkelkorrektur von Lenke 3 und 5 zu t2/t3 mit Korsett



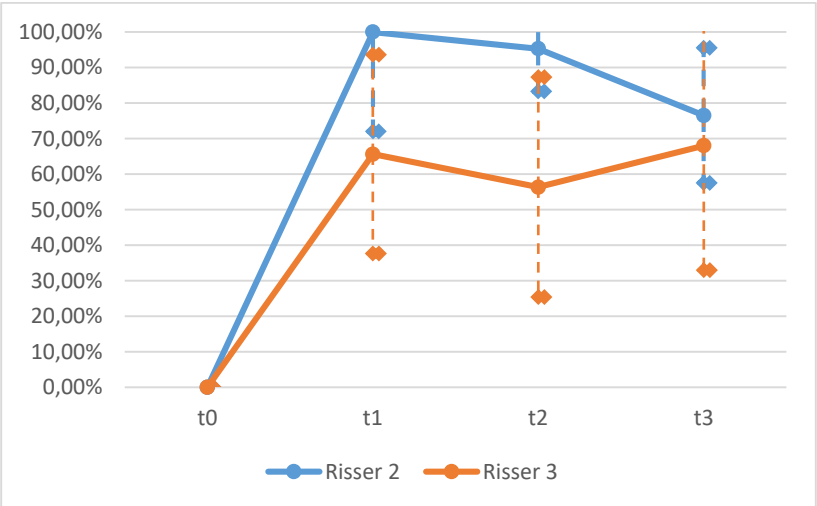
Anhang 3: Darstellung der Winkelkorrektur von Lenke 1 und 2 zu t2/t3 ohne Korsett



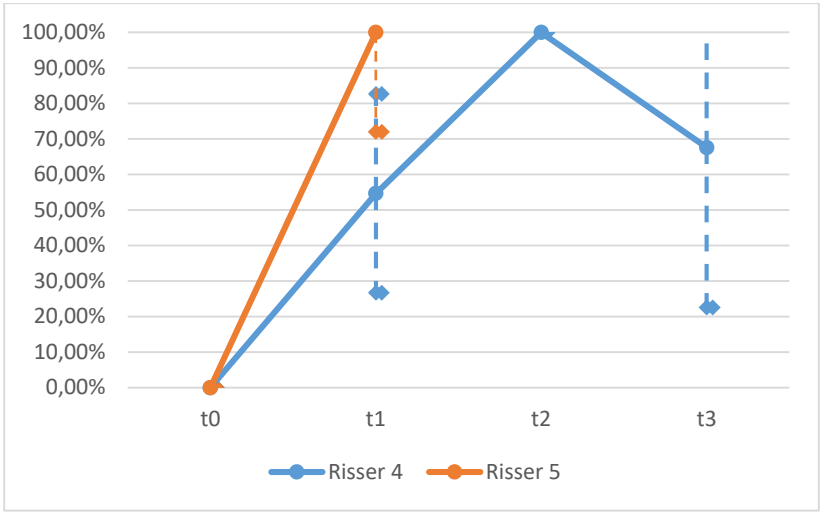
Anhang 4: Darstellung der Winkelkorrektur von Lenke 3 und 5 zu t2/t3 ohne Korsett



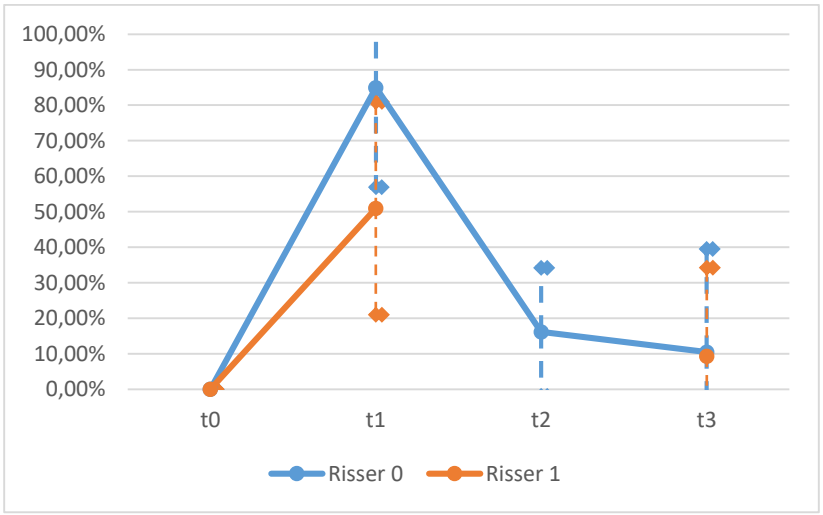
Anhang 5: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 0 und 1 im Verlauf mit Korsett



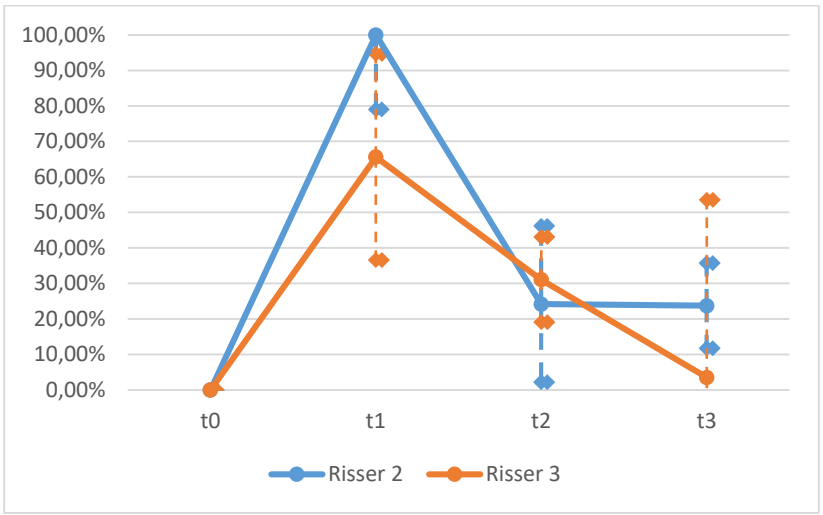
Anhang 6: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 2 und 3 im Verlauf mit Korsett



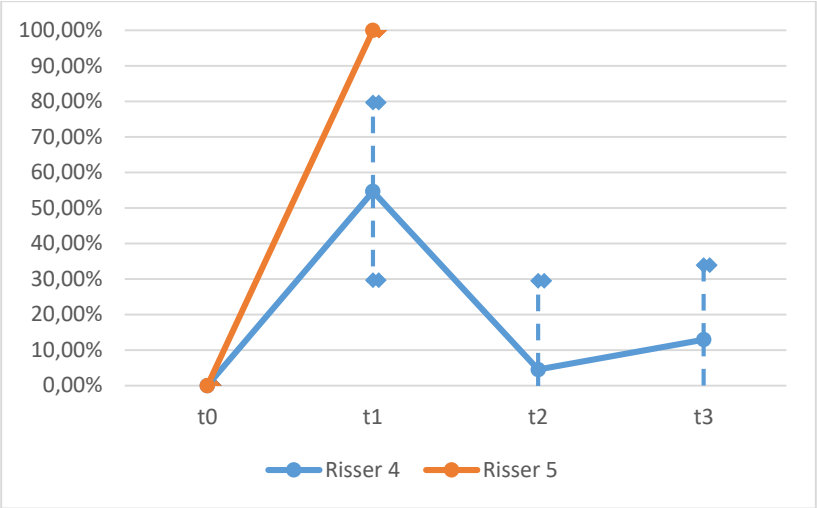
Anhang 7: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 4 und 5 im Verlauf mit Korsett



Anhang 8: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 0 und 1 im Verlauf ohne Korsett



Anhang 9: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 2 und 3 im Verlauf ohne Korsett



Anhang 10: Prozentuale Korrektur des COBB-Winkels von Risserstadium 4 und 5 im Verlauf ohne Korsett

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Morris Stirn
Anschrift:	Biebricher-Allee 107, 65187 Wiesbaden
Telefon:	0157/30336280
E-Mail:	morrisstirn@aol.com
Geburtsdatum:	15.03.1998
Geburtsort:	Wiesbaden
Familienstand:	ledig

Schulbildung / Studium

10/2016 bis 11/2022	Medizinstudium an der Universität Rostock
06/2011	Allgemeine Hochschulreife an der Humboldt-Schule Wiesbaden

Klinische Erfahrung

02/2023 bis dato	Assistenzarzt der Inneren Medizin am St. Josefs Hospital Wiesbaden
11/2021 bis 03/2023	Erstes Tertial des Praktischen Jahrs am Universitätsklinikum Düsseldorf (Innere Medizin)
03/2023 bis 06/2023	Zweites Tertial des Praktischen Jahrs am Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf (Radiologie)
06/2023 bis 10/2023	Drittes Tertial des Praktisches Jahrs am Mitchell´s Plain Hospital Kapstadt, Südafrika (Chirurgie)
08/2020	Famulatur Innere Medizin, St. Josephs Hospital Wiesbaden
02/2020	Famulatur Urologie, HSK Wiesbaden
08/2019	Famulatur Allgemeinmedizin, Praxis Emmrich, Wiesbaden
02/2019	Famulatur Allgemein- und Viszeralchirurgie, HSK Wiesbaden

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel: „Radiologische (longitudinale) Verlaufsbeobachtung des Cobb-Winkels der idiopathischen Adoleszentenskoliose im Charleston Bending Night Brache‘‘ selbstständig und ohne Benutzung unerlaubter fremder Hilfe angefertigt habe. Stellen die wörtlich oder sinngemäß anderen Werken oder Veröffentlichung entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat weder in gleicher, noch in ähnlicher Form einer anderen Fakultät oder Fachbereichskommision zur Anerkennung vorgelegen.

_____ _____

(Ort, Datum) (Unterschrift)

Danksagung

Zum Schluss möchte ich mich herzlich bei Frau PD Dr. med. habil. Susanne Fröhlich für die ausgesprochen gute Betreuung meiner Arbeit bedanken. Vielen Dank für die gute Planung, die Anleitungen und Erklärungen zur Datengewinnung bzw. deren Auswertung und die Beratung hinsichtlich der Anfertigung der Dissertationsschrift. Einen besonderen Dank auch für die unkomplizierte und schnelle Kommunikation.

Weiterhin danke ich Frau PD Dr. rer. hum. habil. Osmanski-Zenk und Frau Dr. rer. nat. Annett Klinder für die Beratung hinsichtlich der statistischen Auswertung und der finalen Durchsicht der Dissertation.

Einen großen Dank auch an alle Patienten, welche es erst ermöglicht haben die Studie und die Arbeit anzufertigen.

Außerdem gilt mein Dank meiner Familie für die großartige Unterstützung sowohl während der Erstellung dieser Arbeit als auch darüber hinaus.